







第一推动丛书插图本

图说宇宙

空间探测的最新发现

VISIONS OF THE UNIVERSE

THE LATEST
DISCOVERIES IN
SPACE
REVEALED

[英]莱曼·普林嘉 著
萧耐园 译

湖南科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

图说宇宙——空间探测的最新发现 / (英) 莱曼·普林嘉著;
萧耐园译. —长沙: 湖南科学技术出版社, 2008.7
(第一推动丛书插图本)

ISBN 978-7-5357-5162-1

I. 图… II. ①普…②萧… III. 宇宙 - 普及读物 IV. P159-49

中国版本图书馆CIP数据核字 (2008) 第025511号

First published in 2004

under the title Visions of the Universe

by Mitchell Beazley, an imprint of Octopus Publishing Group Ltd.

2-4 Heron Quays, Docklands, London E14 4JP

© 2004 Octopus Publishing Group Ltd.

The author has asserted his moral rights

All rights reserved

湖南科学技术出版社通过广州市文化传播事务所独家获得本书中文简体字版中国大陆地区出版发行权

著作权合同登记号: 18-2007-169

版权所有, 侵权必究

《第一推动丛书插图本》

图说宇宙——空间探测的最新发现

著 者: [英] 莱曼·普林嘉

译 者: 萧耐园

责任编辑: 戴 涛 吴 炜

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路276号 (<http://www.hnstp.com>)

邮购联系: 本社直销科 0731-4375808

印 刷: 广州伟龙印刷制版有限公司 (印刷质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 广州市沙河沙太路银利街工业村一幢

邮政编码: 510507

出版日期: 2008年7月第1版第1次

开 本: 712mm × 972mm 1/16

印 张: 12

书 号: ISBN 978-7-5357-5162-1

定 价: 38.00元

(版权所有·翻印必究)

 **下页:** 木星像的细部, 由卡西尼号宇宙飞船拍摄, 这是木星前所未有的最详细的全景图的一部分。带红棕色的带纹和白色卵圆形斑块清晰可见, 显示了大气活动。

目 录

006 引 言

013 第 1 篇 探寻水的踪迹

- 第 1 章 湿润的火星 / 016
- 第 2 章 木卫二上的海洋 / 025
- 第 3 章 月亮上的冰 / 034
- 第 4 章 太阳系外的世界 / 045

053 第 2 篇 起源

- 第 5 章 恒星的产生 / 056
- 第 6 章 星系的黎明 / 066
- 第 7 章 源自大爆炸的涟漪 / 076

083 第 3 篇 宇宙焰火

- 第 8 章 太阳爆发 / 086
- 第 9 章 恒星的死亡过程 / 097
- 第 10 章 星系的碰撞 / 108
- 第 11 章 在银河系中心潜藏着什么 / 120
- 第 12 章 类星体的能量 / 128

137 第 4 篇 未解之谜和惊人奇观

- 第 13 章 搜寻暗物质 / 140
- 第 14 章 γ 射线暴 / 149
- 第 15 章 大尺度图像 / 154
- 第 16 章 超速运转的宇宙 / 160

167 第 5 篇 展望

- 第 17 章 巨型望远镜 / 170
- 第 18 章 太空中的伟大革新 / 178
- 第 19 章 飞往恒星 / 182

186 小辞典

189 索 引

192 致 谢



引言

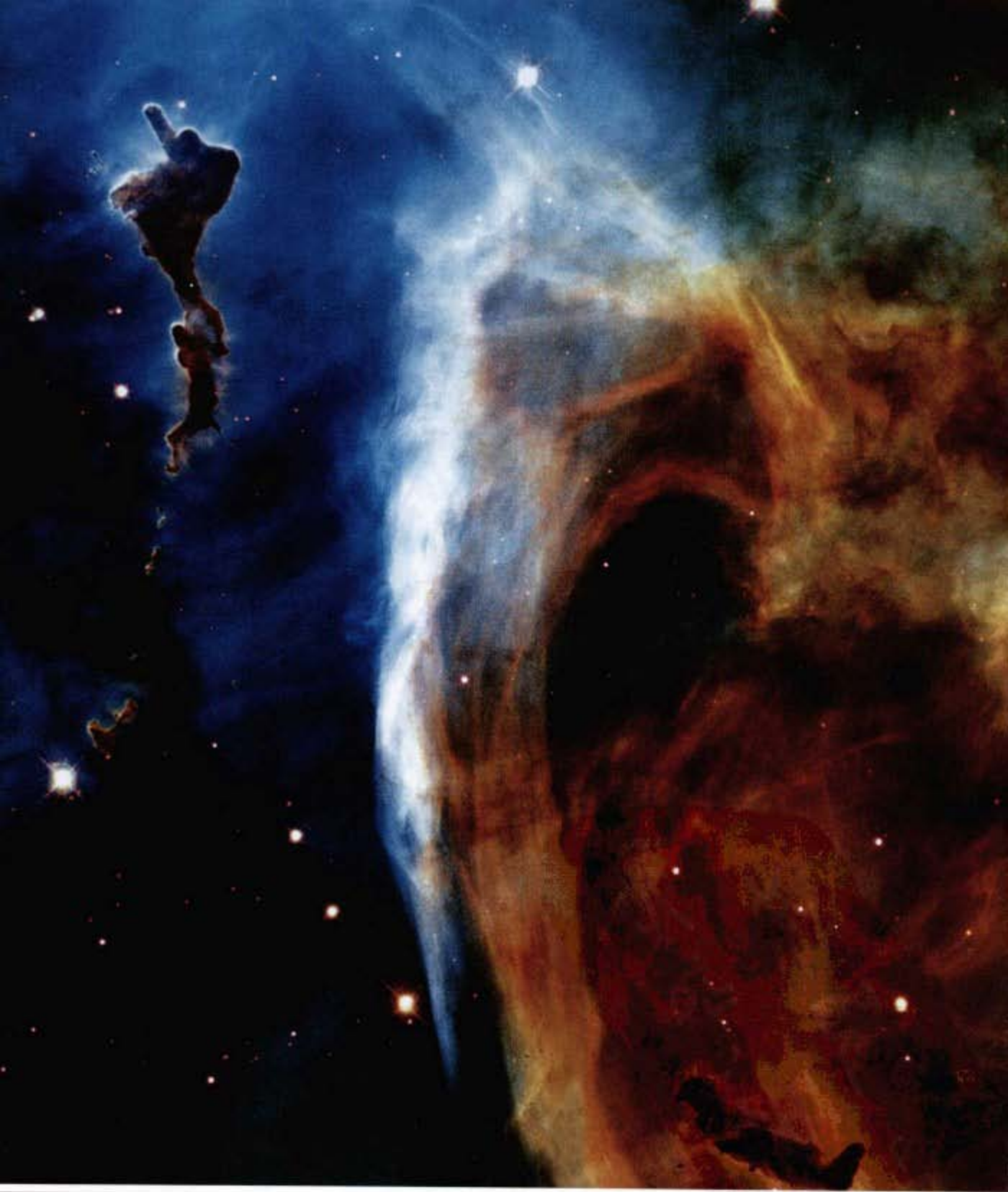
天文学上激动人心的新发现和引人入胜的新进展正在扩充我们关于宇宙的知识。本书通过许多前所未见的最华美的图像把它们展现得一览无遗。借助耸峙在高山之巅的大型望远镜和诸如哈勃空间望远镜等环绕在地球轨道上的强光力天文台，今天的空间研究欣欣向荣。近来，飞向火星、木星和月球的宇宙探测飞船不断传回许多高分辨率的最新精美图像。本书旨在考察这些前瞻性的观测如何扩展了我们的知识前沿，如何帮助我们回答一些关于宇宙的最基本问题。

我们将在本书中畅游太空，面临无数奇观。我们将从火星和木卫上新近发现液态水的激动人心的迹象出发，进入到孕育着恒星的巨气体云，然后深入到集中数百万个星系的最大的宇宙结构。我们也将见证宇宙中最强大和最猛烈的事件，它们以恒星爆发的最后景象和星系间的惊人碰撞为标志。高能过程也遍及老龄恒星的剧烈灾变和在吞噬一切的黑洞周围翻腾、盘旋的炽热气体。正是为了了解高深莫测的宇宙，我们深入到今天天文学家面临的最困惑不解的谜团，包括暗物质的神秘性质，甚至更加不可思议的暗能量——它可能正在促使宇宙膨胀。

让我们首先简要地浏览现代所了解的宇宙各主要层次的结构——这样做是有益的，就近从太阳系开始，随后进入空间的更大尺度。我们的行星地球是太阳系的九大行星之一[太阳系内，在海王星轨道至离太阳40~50天文单位（1天文单位等于日地平均距离，约1.496亿千米）的一个环带内，有一个彗星的“仓库”，估计包含1亿~1万亿颗彗星，称为柯伊伯（Kuiper）带。彗星主要由 H_2O 、 CO_2 、 CO 、 NH_3 和 CH_4 等的冰混合着尘埃颗粒构成，通常大小从几十米至几百米不等。2003年10月，美国天文学家迈克·布朗（Mike Brown）等在柯伊伯带内发现了一个略大于冥王星（Pluto）的天体，临时名称为“齐娜”（Xena）。实际上，冥王星也在柯伊伯带内，而且就目前所知，冥王星的表面主要是冻结的 CH_4 、 N_2 、 CO 和水冰，其性质属于柯伊伯带天体。2006年8月，在布拉格召开的国际天文学联合会的大会上，通过决议把冥王星和齐娜连同最大的小行星谷神星划为一类，称为矮行星（dwarf



☞ 旋涡星系NGC300，由位于智利拉西亚的欧洲南方天文台（ESO）拍摄。NGC300位于距离地球约700万光年处，包含几十亿颗恒星，与银河系类似。像这样的大星系是构成宇宙大尺度结构的建筑砖块



美国宇航局的哈勃空间望远镜 (HST) 拍摄的像，展示了船底星云的巨大恒星形成区内错综的细节。在气体尘埃云内，也掩藏着一些新产生的恒星，它们发射的能量远远高于太阳

planet)。同年9月，齐娜被正式命名为阋神星(Eris)。所以，现在太阳系里的大行星就是从水星到海王星等8颗。——译注]，它也包含迄今所发现的近百颗卫星，加上无数个以彗星和小行星的形式存在的冰和岩石的团块。太阳是在太阳系里占主导地位的成员，占据了99%以上的质量，并提供大部分能量加热行星。

太阳是一颗普通恒星，就像夜空中的许多恒星一样。然而，我们肉眼能见到的几千颗恒星只是一起构成银河系旋涡结构的1000亿颗恒星中的极小一部分。我们的太阳系在银河系中占据一个相当平常的位置，离开银河系中心很远。星系是恒星聚成的岛屿，它们按形状形成序列，从壮观的螺旋形的旋涡星系到巨大的椭圆或蛋形结构。有些星系没有可描绘的形状，往往是由于它们经受了与别的星系碰撞而引起的剧烈扰动。大多数星系集成星系团，包含几十个甚至几百个成员，通过它们相互之间的引力结合在一起。星系团是定义宇宙大尺度结构的基础。在最大的尺度上，可观测宇宙内的1000亿个以上的星系分布成巨大的链状或片状，它们由其内几乎没有星系的巨大空间——“巨洞”分隔着。现代宇宙学从事的主要研究之一就是这种大尺度结构的起源，它造成了宇宙“海绵般”，即“泡沫状”的形态。

20世纪天文学的主要成就，就是发现了整个宇宙正在膨胀的证据，因此宇宙万物在过去彼此更加接近。把“时钟”往回拨，在遥远的以往，宇宙经过了令人难以置信的炽热和稠密的阶段，这涉及约140亿年前的被称为“大爆炸”的宇宙起源。从大爆炸以来，宇宙持续不断地膨胀，不过引力在比较小的尺度内自然占了上风，它把物质集中起来，产生了诸如恒星、星系这类结构。大爆炸的图景今天成了我们理解宇宙起源、演化和终极命运的框架。

广漠的宇宙

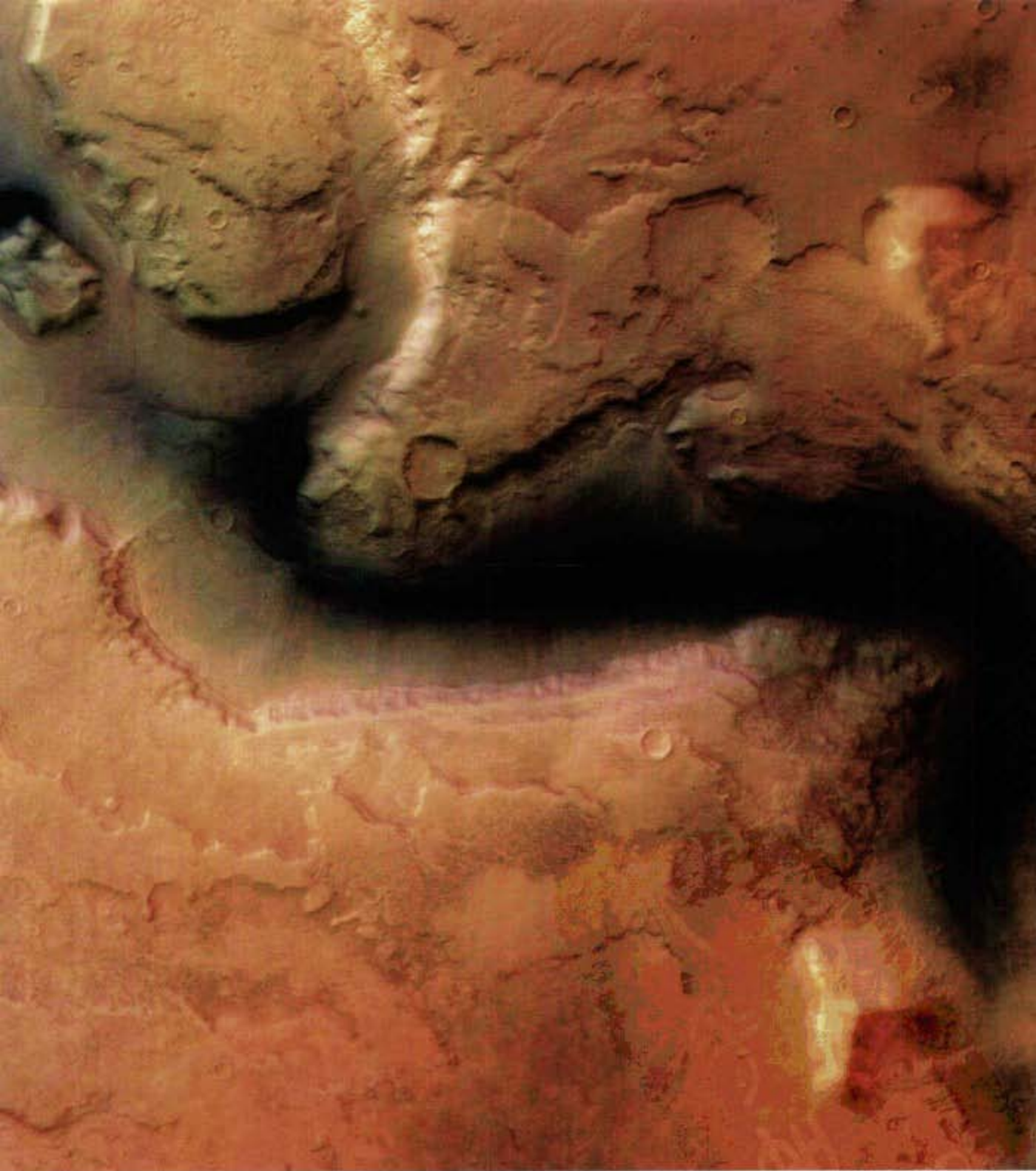
宇宙真是难以置信的广大，它的大小、距离和年龄等令人瞠目结舌，远远超出了我们看待地球日常事物的既有经验。光线以不可思议的每秒30万千米（每秒18.6万英里）的速度在空间传播，但这毕竟是一个有限的速度，意味着即使是光线也必须花费可观的时间去穿越宇宙宽广的距离。光线约需1秒钟从月球到达地球，约需8分钟穿越1.5亿千米（9300万英里）的距离从太阳到达地球，离太阳最近的一些恒星发出的光线则要经历多年才能到达我们这里。光线1年所经过的距离称为“光年”，这是天文学中长度的基本单位；它几乎等于10万亿千米（6万亿英里），这种在我们日常生活中实在是闻

所未闻的距离，在广袤的宇宙中却微不足道。我们的银河系聚集着1000亿颗恒星，直径为10万光年。仙女星系是离我们最近、宏伟的旋涡星系，距离地球约250万光年。这意味着来自它的光线，要经过大约250万年才能到达我们这里！

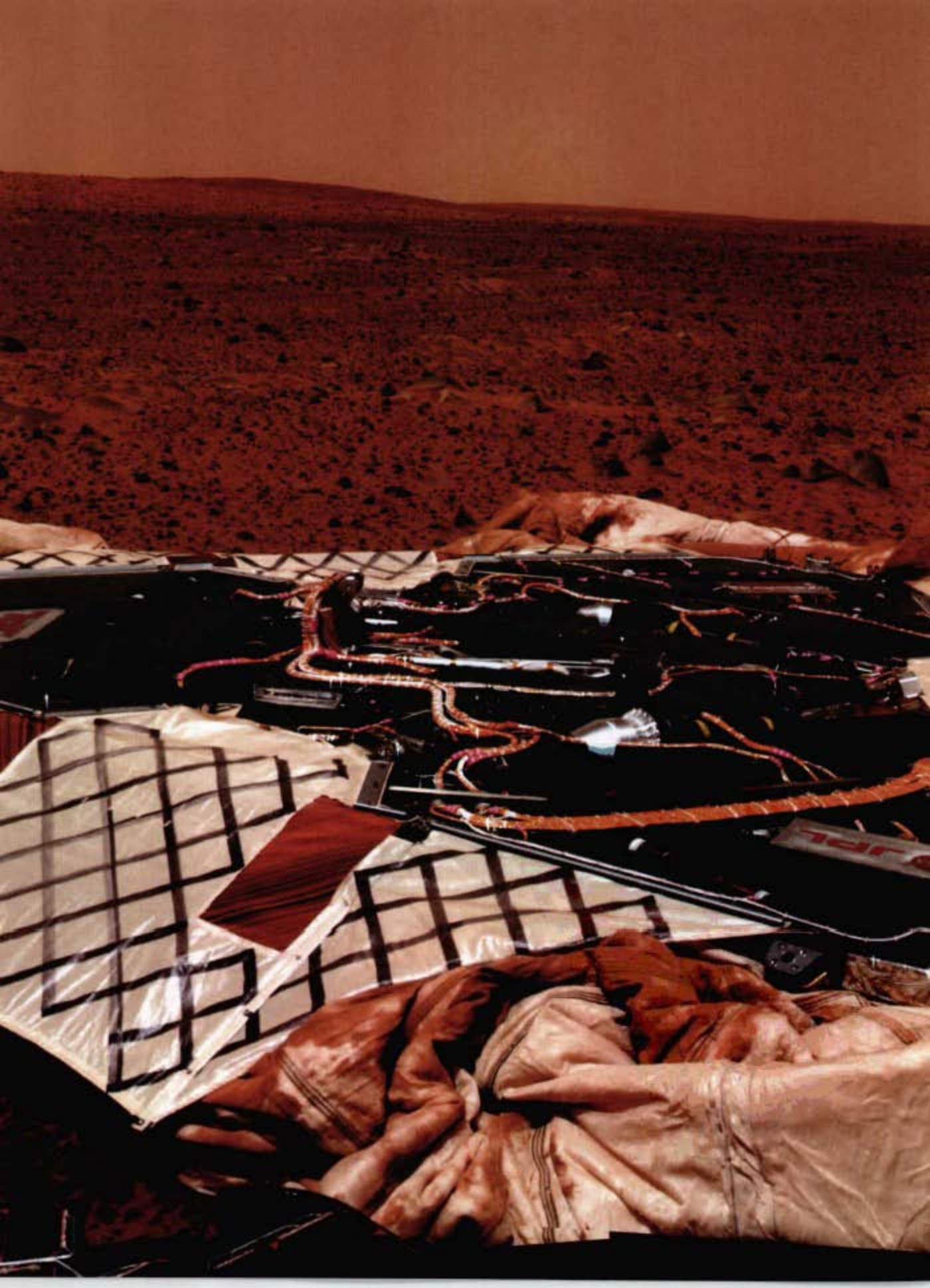
正由于光信号的传输需要花费时间而不是即时到达我们这里，因此我们向宇宙眺望得越远，就在时间上回溯得越久。这一瞩目的事实能使我们通过利用强有力的望远镜遥望宇宙的深处，得以窥探宇宙过去。宇宙如此广袤无垠，我们接收到的、来自遥远星系的光线已经穿越了几十亿年。我们当前看到的这些远方的星系，呈现出的是几十亿年前它们年轻时的面貌。为了了解星系从那时以来怎样变化、它们演化成了什么，天文学家对在不同距离上（因而也是不同年龄）的各种星系开展了广泛观测。通过构建宇宙“动物园”的详细图像，有可能把遥远的星系（看起来刚成雏形）与比较邻近的星系（已老年持重、富有魅力）进行比较。天文学家就像侦探一样，把各个时期的片段拼接起来，形成星系似然的历史。

300多年以来，直到20世纪下半叶，天文观测都用光学望远镜进行，因此只能在可见光波段探测。自然，这些光学望远镜只能感受形象，就如同我们的眼睛一样，只对可见光波段敏感。通过光学望远镜，我们已经拓展了最熟悉的宇宙景象，展现了气体、恒星和星系等主要部分。然而，还存在其他类型的辐射，例如射电波、紫外线和X射线。电磁波谱的这些不可见光波段也是考察宇宙的极有价值的窗口。天文学家面临的问题是地球大气层对除可见光和射电波以外的大部分辐射都产生严重的阻碍。为了克服大气层产生的屏障，人们研发了各种新型望远镜，并把它们安装在卫星上，在地球大气层之上绕行。这是一些令人神往的先进设备，它们能从红外波段到X射线波段进行观测，为我们开拓了宇宙完全不同的视野。能够探测 γ 射线和X射线的望远镜已经揭示了太空中最炽热的气体 and 最高能的天体，包括爆发中的恒星和特大质量黑洞周围湍动的区域。在红外波段的观测用来研究寒冷的宇宙。在银河系里，分子和细微的尘埃颗粒主导着寒冷世界，它们存在于称为“星云”的巨大的云雾状天体里，那里是太空中制造恒星的工厂。

本书中介绍的最新研究成果，体现了发现、探索 and 创新的完美结合。在随后各章中，所展示的美丽图像是射向宇宙的新的光亮，帮助我们更好地理解宇宙。这些图像对我们了解宇宙各主要组成部分的起源和性质方面将产生怎样的影响和冲击，我们将拭目以待。



欧洲空间局（ESA）的火星快车号探测器于2004年1月15日从距离火星表面273千米（170英里）的上空所拍摄到的清晰景象。这幅图像拍摄的范围有100千米（60英里）宽，展示了几十亿年前曾经在那里流淌的水所冲刷出的水道。寻找液态水和原始生命形式，是我们当前探测太阳系的驱动力之一





✍ **探索火星有水的过去：**美国宇航局的哥伦比亚纪念观测站着陆于火星上的古谢夫环形山的底部。2004年1月，从哥伦比亚纪念观测站释放出勇气号探测车，旨在寻找火星古代环境曾经洪水泛滥的证据

第 1 篇

探寻水的踪迹





7 这是有史以来最精细的地球的真色像之一。这张图像由卫星观测拼合而成，基本上是以地球上每平方千米的照片拼接起来的。地球是太阳系中唯一一个表面拥有辽阔的液态水海洋和丰富生命的行星。通常情况下，在任何时候，地球的一半以上覆盖着水汽形成的云



水是地球上几乎每一种已知的生命形式基本的、不可或缺的条件。因此，科学家们热衷于在太阳系内地球以外的地方寻找液态水。如果有所发现，那么这个地方就为地球外原始生命的存在提供了有意义的线索。近来获得的资料展示了令人神往的可能性，表明液态水可能存在于火星干燥的地面下和气态巨行星木星的大卫星木卫二（欧罗巴）冻结的表层下面。也有一些有价值的新证据，似乎说明在月球两极的环形山内存在冰态水。

为什么科学家们，包括天文学家、行星地质学家和天体生物学家，要“探寻水的踪迹”？水是地球上生命的基本要素。地球上凡是有水的地方，几乎都能看到生命。超过 $2/3$ 的地球表面覆盖着水，其中97%是辽阔的海洋。仅以太平洋一处而论，其面积就有约1.7亿平方千米（6500万平方英里）。

生命一般依靠液态水形成和生存。它是生物化学中的良好溶剂，为发生广泛的化学反应提供了媒质。复杂的有机分子，包括生命有机体细胞的分子，依赖水而发展。水在很大的温度范围内保持液态，这对于生命在面临严酷的天气和气候变化时是非常有利的。

第1章 | 湿润的火星

在过去的2个世纪里，人们对火星十分神往，想象着那里可能存在生命。在以往的30年里，我们对火星的了解有了急剧的改变。在20世纪70年代，美国宇航局的水手9号、海盗1号和海盗2号宇宙飞船曾经环绕这颗红色行星运行，发回了许多图像，显示了火星表面由几十亿年前水流经过所形成的河谷、水道、深峡谷等地形的细节。简直难以置信，那可是需要相当于几千条密西西比河的浩荡水流，才能形成在火星表面所见的一些地貌。例如火星上由众多深峡谷组成的水手谷，延伸了4000千米（2500英里），一些地方的深度超过7000米（4英里），宽度达600千米（370英里）。这是美国的大峡谷的长度的4倍，宽度的5倍。

远古的水

自从1999年以来，美国宇航局的火星全球勘探者号宇宙飞船发回了数量可观的火星上沉积层的详细图像。地球上的沉积是经过大量水流运动积淀的岩石物质层。火星的地貌特征支持了关于这颗行星早期历史中有过稳定水流的论断。通过观测，人们发现了火星上成层的结构，这表明物质曾经在湖泊或浅海里反复积淀。一个例子是在火星上的坎多尔深谷区域内成层的岩石，这个区域是水手谷的一部分。在这一地区，可以见到100多个岩床层，每一个约有10米（11码）厚，带有光滑的表面和四周陡峭的岩壁。这种岩层形成的一种可能性是由于水下环境的动力学作用。举个地球上的例子，科罗拉多河的侵蚀作用使沉积层暴露出来，今天我们在（美国）大峡谷的岩壁上可以看到。对火星上沉积层的这种解释，指明了曾经有过水下动力作用环境的广大区域，可能在过去支持生命的形成。



7 火星表面全景式的壮丽景象，由美国宇航局勇气号探测器上的照相机拍摄。勇气号探测器于2004年1月3日在这颗红色行星上着陆。地平线上的山峰离这台自动探测器3千米（2英里）

在火星上一些环形山里很可能曾经充满了水，物质在它们底部沉淀，也能形成沉积层。几十亿年以前，这些“池塘”底部曾遭受侵蚀，使层层叠叠的沉积岩暴露无遗。古谢夫环形山就是这样的一个场所，它的跨径达170千米（105英里），是受小行星撞击形成的。随后它可能受到水流的灌注，这股水流经称为马阿丁谷的巨大峡谷。很可能古谢夫环形山在很长时期内都保持湿润，使它成为寻找原始生命形式的化石证据的理想场所。2004年1月，美国宇航局成功地向火星发送了两个自动探测器，其中一个确实就是选择在这个地方着陆。它称为勇气号，这个探测器现在已开始了它的探测作业，以测定古谢夫环形山气候和水的历史。人们从地球上应用一系列精密仪器操控勇气号，以探明所选的场所是否曾经相当湿润，足以支持生命的形成。第二个探测器称为机遇号，在称为南方平原高地的地区着陆，与古谢夫环形山的距离约为绕火星半圈。两个探测器将在它们着陆处的周围漫游，以研究岩石和土壤，用5个成套的地质仪器加上专门的研磨工具削刮岩石，使新鲜表面暴露出来。勇气号和机遇号的初步目的是评估火星上的条件是否曾经有利于生命的形成。

几十亿年前在汹涌的水流作用下形成的水道，也是火星上普遍的地貌特征。回顾地球上水流排尽的江河，它们的形成有两个主要机制：首先是下雨之后水土流失的结果，因为雨水刻蚀了周围岩石态的物质，其次是地下水因表面层的坍塌而外露。许多水道要追溯到超过30亿年以前。火星上巨大而长期熄灭的火山也显示了山坡上有水流刻蚀的河道，揭示了古老的火山加热与大规模的洪水之间的联系。火山活动会使体积巨大的地下水冰融化，形成大量的水流，它们随后形成了深深的水道和峡谷网络。液态水在地表滞积，受附近火山加热，也很有可能成为火星原始生命形式的栖息地。

水曾经在火星的地质史上起过显著作用，但它们是在很久以前流动，如

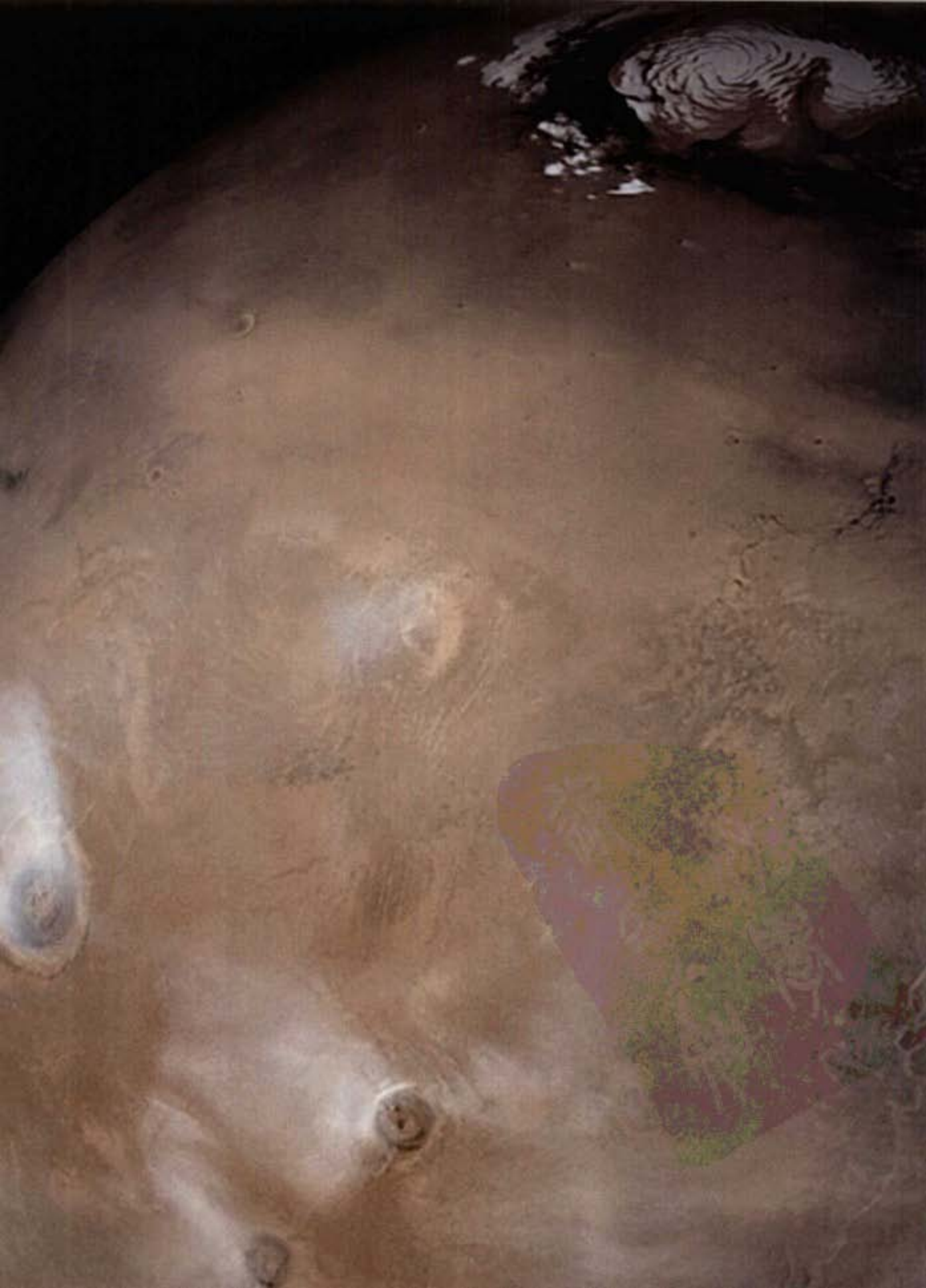
今火星到处是干燥、灰土密布的沙漠。河流甚至可能是海洋，早已在几十年前由于强烈的太阳辐射而干涸和蒸发殆尽。火星环绕太阳的距离是地球的1.5倍，它获取的太阳能量要比地球获得的少50%，它的重力仅约地球的1/3。因此，火星的二氧化碳大气层几乎留不住多少热量，它也太稀薄和寒冷，不能使水在地表保持液态。尽管如此，科学家们估计，今天还有一些水留在火星的地面下，避免了上述不利的地表条件。在最近几年里，为研究火星而发射的宇宙飞船所获取的精美照片，为存在这种水提供了振奋人心的新证据。

也有新鲜水

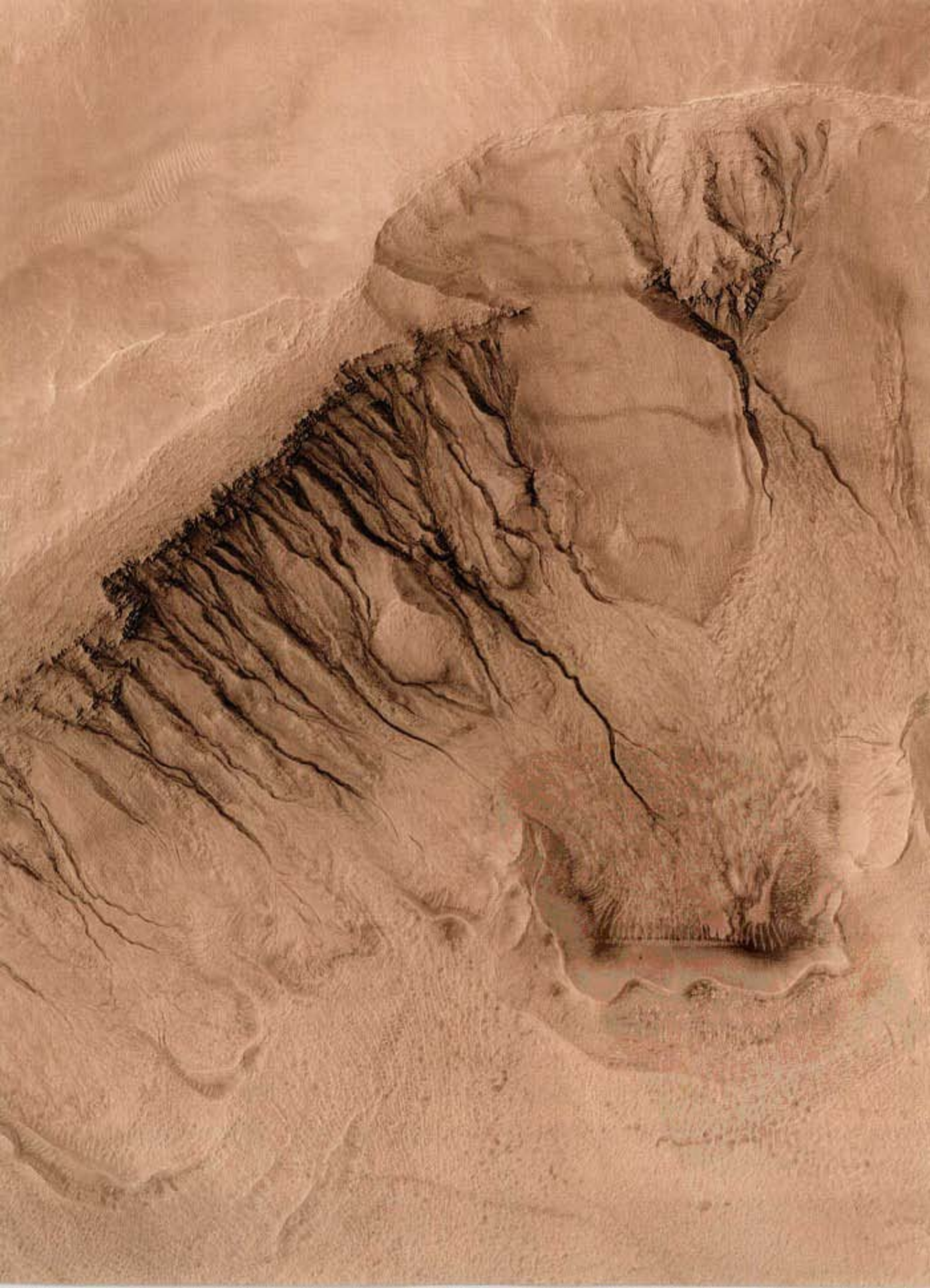
关于火星的最新发现也是相当令人振奋的。在2000年和2001年，美国宇航局的火星全球勘探者号宇宙飞船在这个行星的表面探测到了数量可观的冲沟，认为是在较近时期内液态水从地表排尽过程中刻蚀出来的。这类冲沟也出现在一些环形山、海槽和峡谷的图像里。与火星45亿年的年龄相比，它们在地质学上是年轻的，年龄也许小于几百万年。此外，在某些情况下，这种冲沟甚至在今天还能够渗水。冲沟的边缘很松脆，还有一个事实，即它们有时位于新近由风吹形成区域的顶端，这些都是年轻的证据。冲沟确实比较年轻，这就引起了关于今天在火星上是否可能存在液态水的争论。可以肯定，如果细菌类生命曾经在火星上繁衍，那么它们很可能就出现在这些地方。

地表的冲沟通常长1000米（0.6英里）、宽500米（0.3英里）。它们看起来像是水流冲刷出来的沟槽，往往能看到由这些水流带来的岩石和土壤积淀其中。地球上也能找到有这种特征的例子，通常在格陵兰和加拿大的永久冻土上面能见到碎块阵列。科学家估计，要形成在火星照片上的沟渠，需要相当于几个大游泳池容量的水流。

火星南半球的冬天，由火星全球勘探者号宇宙飞船于2001年年末拍摄。照片左下方的圆形斑块是水冰云，它看上去飘浮在一些熄灭已久的火山上空。一些水冰也出现在夏季北极的极冠上，见照片的顶部







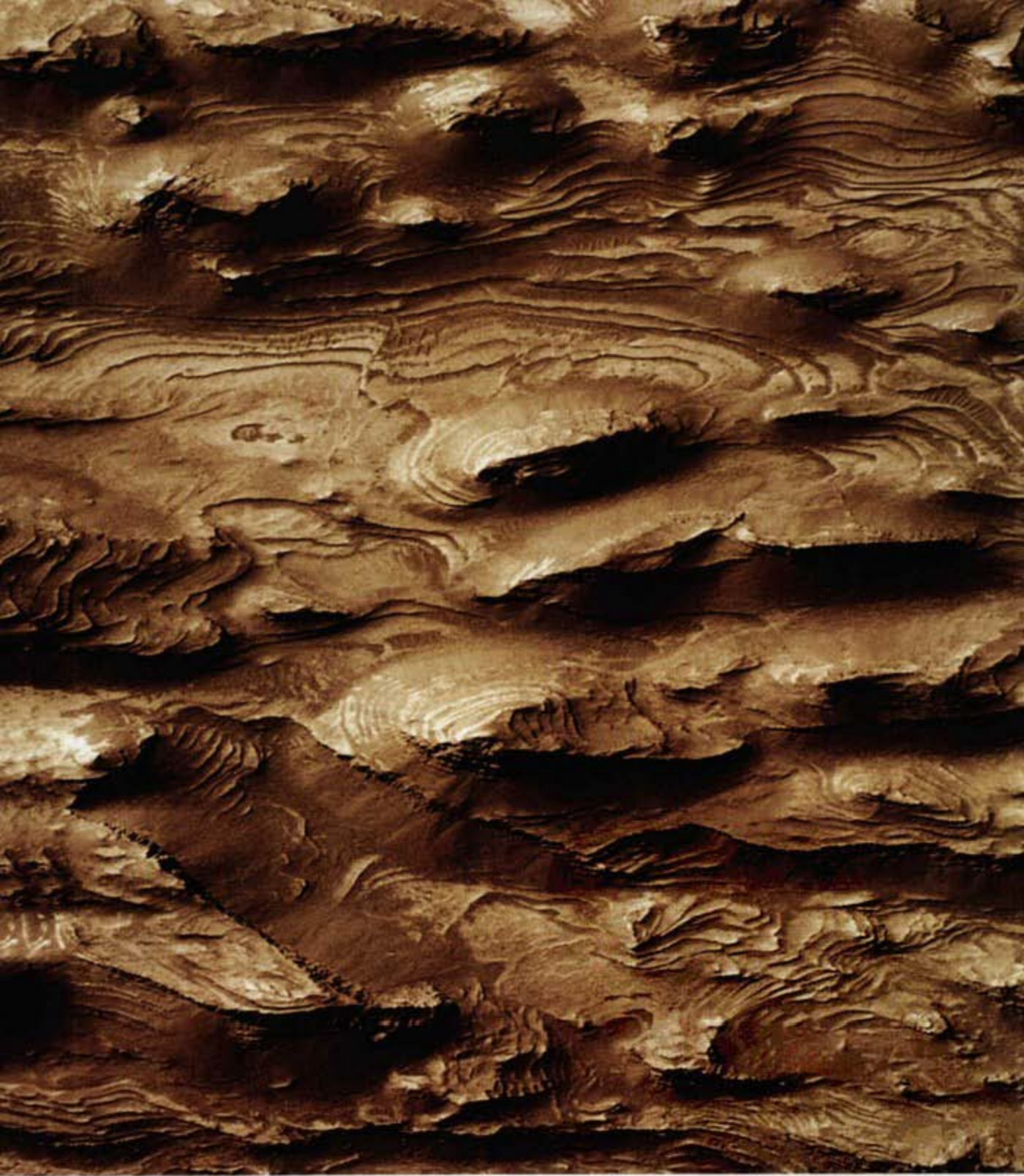
美国宇航局的火星全球勘探者号宇宙飞船拍摄的这两张像，展示了两个不同环形山坡壁上的冲沟，这是激动人心的证据。看来当地表下的水渗透到火星表面时形成了冲沟

火星上的这些冲沟产生的确切过程还不清楚。由于火星大气稀薄，表面大气压几乎只是地球海平面上的1/100，因此液态水一旦显露在地面，就会立刻沸腾。由此人们认为水储存于火星地表下100~300米（110~330码）处，固封于冰的形式，而且很可能在整个火星上仅局限于一些小的区域。火山加热和地热活动有助于水的喷发，类似于地球上的骤发洪水。在最初渗漏之处后面的冻结水逐渐集合成为一座冰的堤坝，而后产生压力以致冰坝破裂，把洪水推入冲沟，一泻而下。

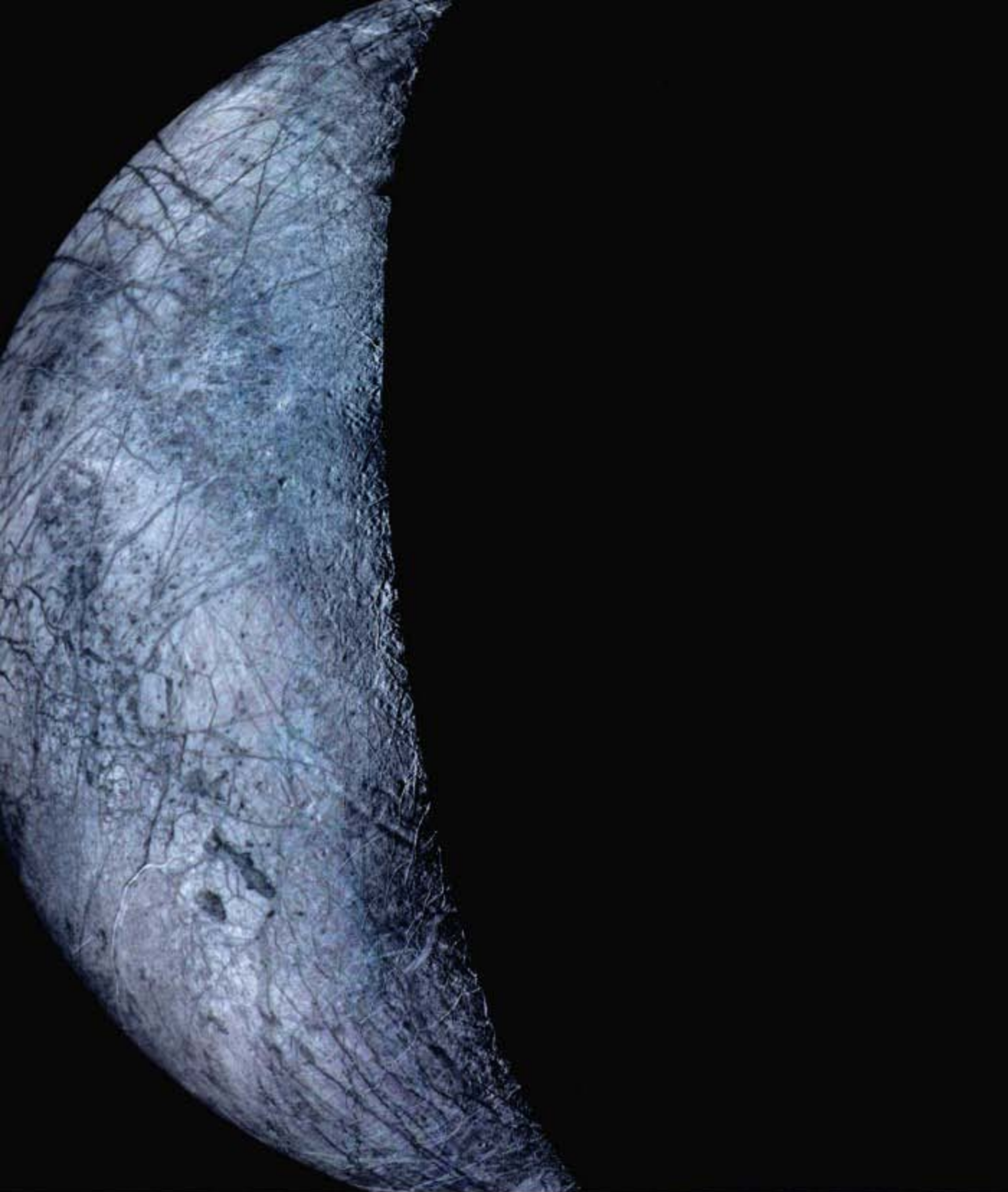
发现这些冲沟之所以激动人心，在于它说明液态水今天可能存在于火星的某些地下区域。如果说水和能量促进了地球生命的形成，那么有理由期待在火星上也是相同的情形。这种可能性对于人类开发这颗行星的意义非同寻常。如果火星上除了南北两极以外的地区有数量可观的水，那就更容易找到并加以利用。就人类开发火星而言，水是不可替代的重要资源。除了饮用之外，我们从水中可以提取氧气，制造可供呼吸的空气。氧既能被提取，也能与氢结合，制造提供电力的燃料电池。毫无疑问，人类不久将进入开发火星的一个令人鼓舞的新时代。

最近，人们发现在地球上极端炽热、寒冷、酸性和辐射的条件下也有生命存在，这鼓舞人们在太阳系内寻找水（和可能的原始生命）。美国黄石国家公园内的冒泡热泉里细菌大量繁殖，但那里是高酸性的，而且水温达90°C（195°F），这是十分令人瞩目的。同时，人们发现地球上微生物的群落能在低至-18°C（0°F）的温度下繁衍。甚至在地球上最干燥、最炎热的沙漠里，例如水分含量极低的智利安德烈阿高原的阿塔卡马沙漠，也能找到地衣和真菌等生命形式。在太阳系的其他行星和卫星上，很可能存在与此类似的严酷和极端的环境。

水作为支撑地球上生命的介质，其功能是毋庸置疑的，然而其他液体，例如氨或甲烷是否也能促使生命的形成、支持生命的存在呢？这一点尚不为人知，但却激发了人们的想象，创作了许多关于在太空最不适宜的地方存在各种奇特生命形式的科幻故事。现实情况则是我们在太阳系内寻找生命的证据基于我们对液态水的作用的了解。水仍然是适于生命存在的世界里首要的介质，而且是太阳系里最丰富的一种物质。这是今天一些对太阳系展开的最令人振奋的探索和研究的基础。



7 火星表面令人惊异的岩石沉积层极为清晰的细节。在1.5千米宽、3千米长（1英里宽、1.9英里长）的区域内，可以看到100个以上的岩床，它们有光滑的表面、周边陡峭的悬崖。这一景象可能是由于几十亿年前在湖泊或浅海里物质的积淀所产生的



7 木星的卫星木卫二的美丽的新月形图像。布满斑点的表面冰上刻着一道道纵横交错的长长的线状裂缝

第2章 | 木卫二上的海洋

一颗在太阳系外部区域、位于离太阳几乎8亿千米（5亿英里）之外的卫星，一般而言是极不可能是有液态水的地方。然而，令人震惊的是在1997~2002年，美国宇航局的伽利略号轨道飞船获得了振奋人心的证据，表明在木卫二——木星第四大卫星的表面冰层下，有汹涌的水的海洋。

木卫二比月球稍小，是1610年由伽利略·伽利莱率先发现的环绕木星的四个卫星之一。它是木星的卫星中最亮的一个，与太阳系内其他几乎每一个行星和卫星相比，它有着显著不同的形态，它的裹着冰层的表面使它的反照率达到70%。这层冰壳十分洁净，表明它由表层下的新鲜物质重新填充着。木卫二也是太阳系内同类型天体中最光滑的。在它的表面上，陨击坑很少，也没有山脉。然而，毫无疑问，在太阳系早期历史的几十亿年前，它曾经遭受无数彗星和小行星的轰击。而这些撞击如今已大部分了无痕迹的事实，表明木卫二当前的表面是富有弹性的，它能吸收来自小行星的冲击而不致形成巨大的环形山；同时它又是非常年轻的，撞击所造成的破坏由来自其表面下的新鲜冰壳所修复。与之形成对比的是，今天火星有几百个直径大于100千米（60英里）的环形山，更小的环形山更是不计其数。

伽利略号轨道飞船在迄今为止最靠近木卫二的轨道上进行探测和拍照，有些照片是在木卫二上空低于600千米（370英里）的距离上拍摄的。各种令人目眩的地貌特征呈现在我们面前，与其他测量和记录相结合，我们得到了咸水海洋广阔表面的妙趣横生的细节。这些海洋形态和它们的意义将在下面讨论。

令人啼笑皆非的是，关于木卫二的这些激动人心的发现却决定了飞船本身的终极命运。为了避免对木卫二的原始状态产生任何可能的污染，当伽利略号轨道飞船于2003年9月完成其辉煌成功的使命之际，它被人为地沉没到木星稠密的大气之中而被摧毁。

流动的浮冰

木卫二堪称独一无二——根据木卫二表面冰块清晰图像我们可以看到，

这些冰块显得支离破碎，又在重新排列，仿佛都在浮动。在地球极区的大片浮冰中，也能见到碎裂、打转的冰块同样杂乱的景象。木卫二上的单个冰块方圆能达几千米，深度至少有几百米，有些翻倒着，有些部分浸没在水里，恰如在大海上浮动的冰山。

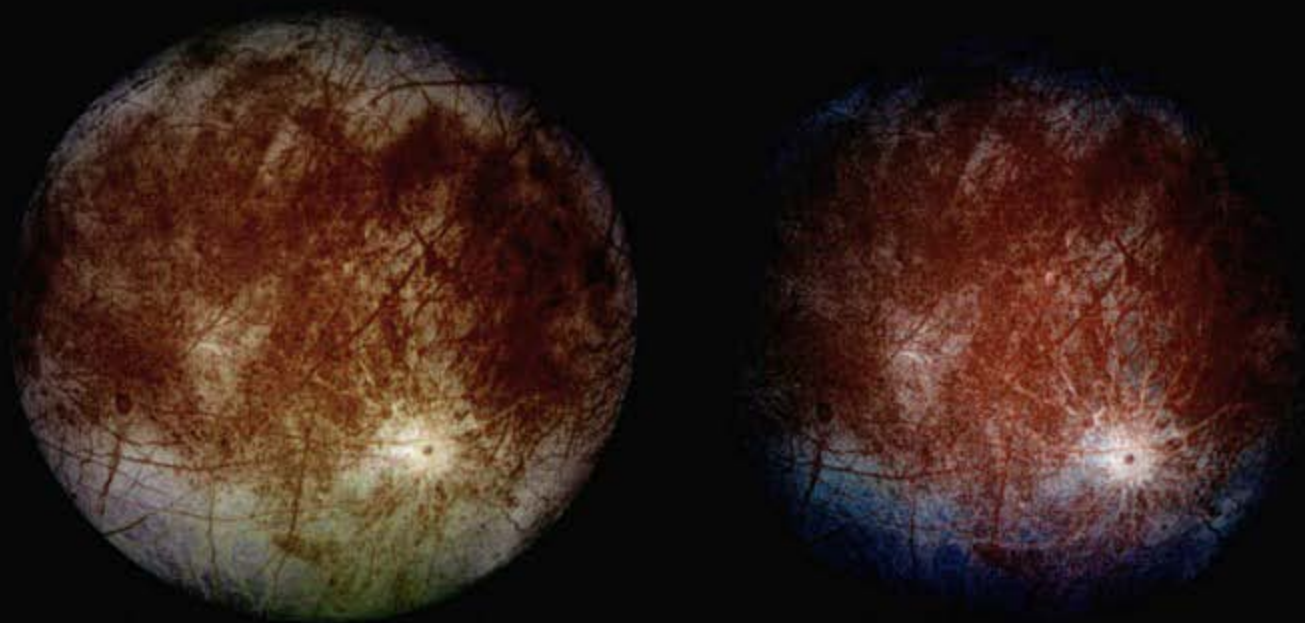
醒目的平原

木卫二表面最普遍的地貌类型是光滑而有脊状起伏的平原。光滑的原因可能是含水冰的火山作用的结果，流体从地表下面喷涌而出，流遍广大的区域，然后冻结起来。一些喷出物以流体的形式抛出，也可能作为成堆的碎块而沉积，这样就可能形成了山脊。典型的山脊可高达几百米，往往带有槽或沟沿其中央分布。这种形态正符合表面开裂、常常被从下面喷出的水流填满的看法。山脊类似于人们在地球北极的冰包研究中所见的形态。也有许多长长的、暗黑的线条成为木卫二平原表面的标志，这些线条延伸几千千米。一些最显著的标志有弯曲的或扇形的轮廓，至少从地质学的观点来看，它们的形成非常迅速。使木卫二的冰壳破裂成多个板块的裂缝呈现为弯曲而错综的条带，软冰或底下的液态水在它们中间起润滑作用。表面下的水也会流出从而填满冰壳碎裂形成的缝隙。

磁场的读数

根据伽利略号轨道飞船在木卫二上的磁场读数，我们得到了在这颗卫星表面下存在海洋的一些强有力的证据。气态巨行星木星有强烈的磁场，它远远地波及许多卫星的轨道之外，形成了称为“磁层”的广阔区域。伽利略号轨道飞船在探测期间，对木卫二进入这个磁层时进行了测量，发现木星磁场在木卫二表面之上100千米（60英里）处产生了电流。这次实测表明有一个感应层存在。而且，这些磁场读数特征的系统性变化，与木卫二存在表面下水体相符。

所有这些证据都表明在木卫二的冰壳下有辽阔的咸水海洋。一个重要的问题是，要透过多厚的冰层我们才能到达水体？关于冰层厚度的了解是至关重要的，但不只是地质学的问题，我们必须对这颗卫星进行进一步的探测，以便能够最终释放能够钻探冰壳的着陆器。冰壳的性质，可以通过研究以往小行星对木卫二的撞击来探索。例如，当环形山在月球或火星上形成时，通常在空旷的中心会出现一座山峰——天体撞击地面后物质被向上抛起，产生



伽利略号轨道飞船在距离677000千米（417900英里）处所拍摄的木卫二。冰覆盖的世界几乎与月亮大小相等，直径约3160千米（1950英里）。长的暗黑线条是木卫二表面壳层上的裂缝，有几千千米长，超过40千米（25英里）宽

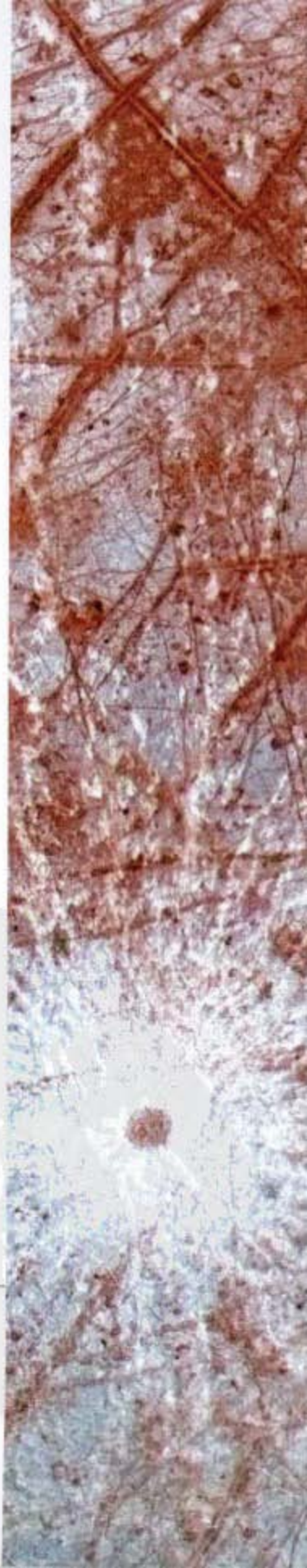
一种反弹效应。科学家们研究了木卫二上为数不多的几座环形山。它们相当大，足以拥有中心山峰，其中一座环形山名为普维尔，跨径达26千米（16英里），在中间有一座山峰，约500米（1/3英里）高。形成普维尔环形山的小行星撞击并没有完全融穿上部冰层。地质学家用计算机模拟了这类撞击所释放的能量，计算出木卫二上的表面冰壳的厚度一定达到了3~4千米（2~2.5英里）。

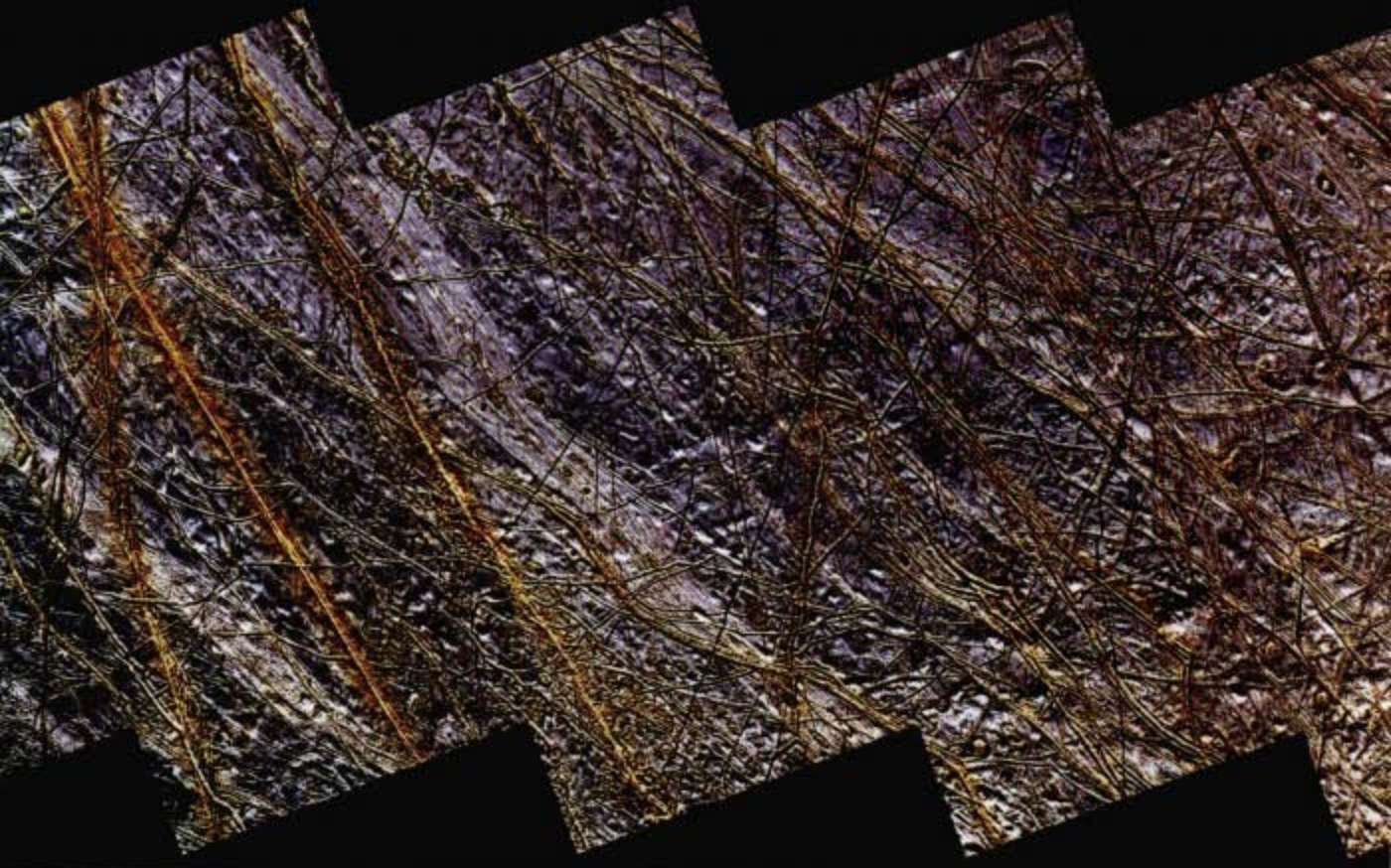
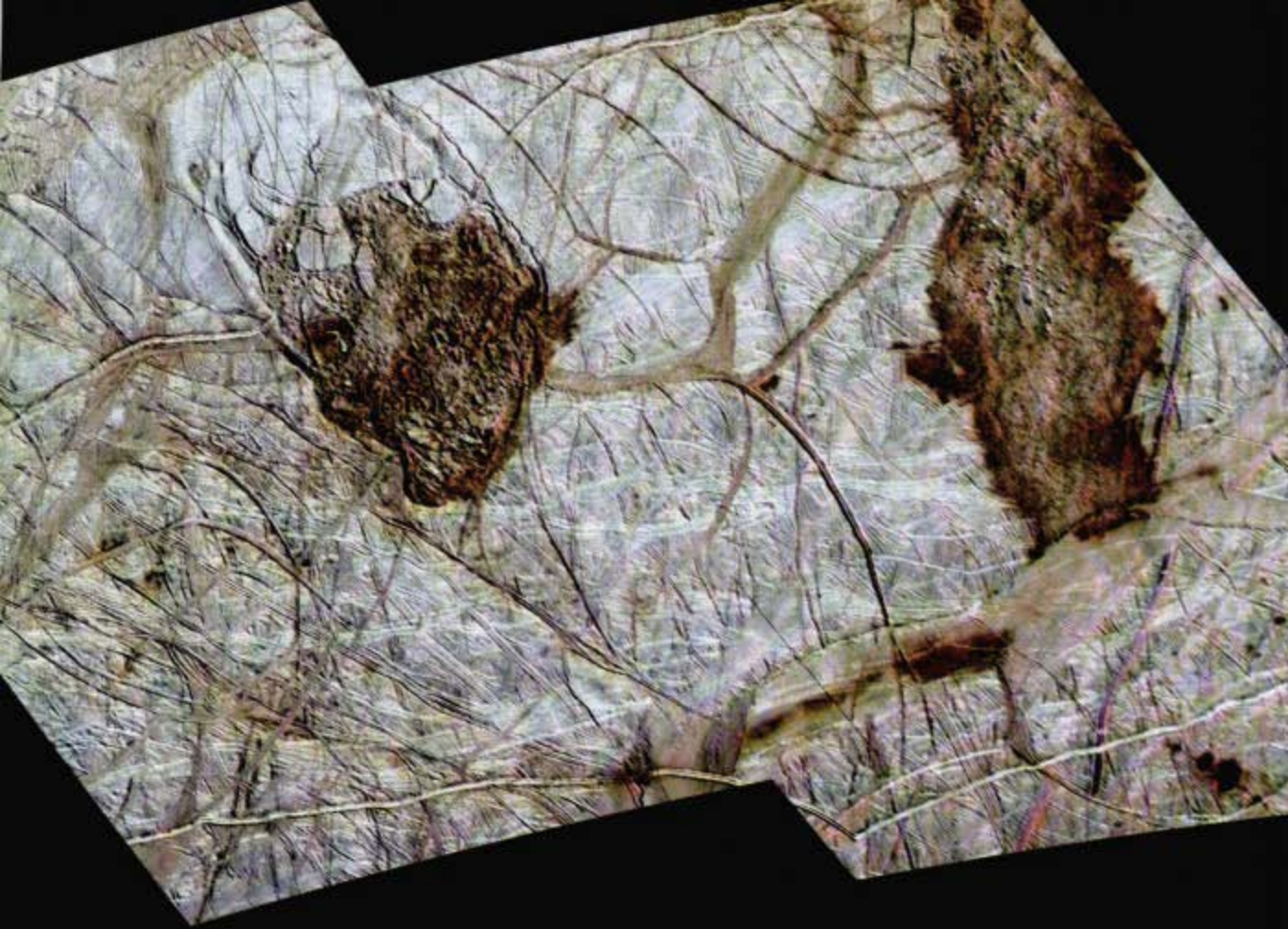
没有人确切知道冰层下的海洋的整个深度——它可能有100千米（60英里）深，上层混合着半融的冰雪，下层是盐度极高的液态水。洋底是木卫二岩质内部的表面，再往里就很可能最终到达一个比较小的金属核。这会使木卫二的海洋比地球上的任何一个海洋都深得多。确实，极有可能木卫二拥有整个太阳系内大量的液态水。

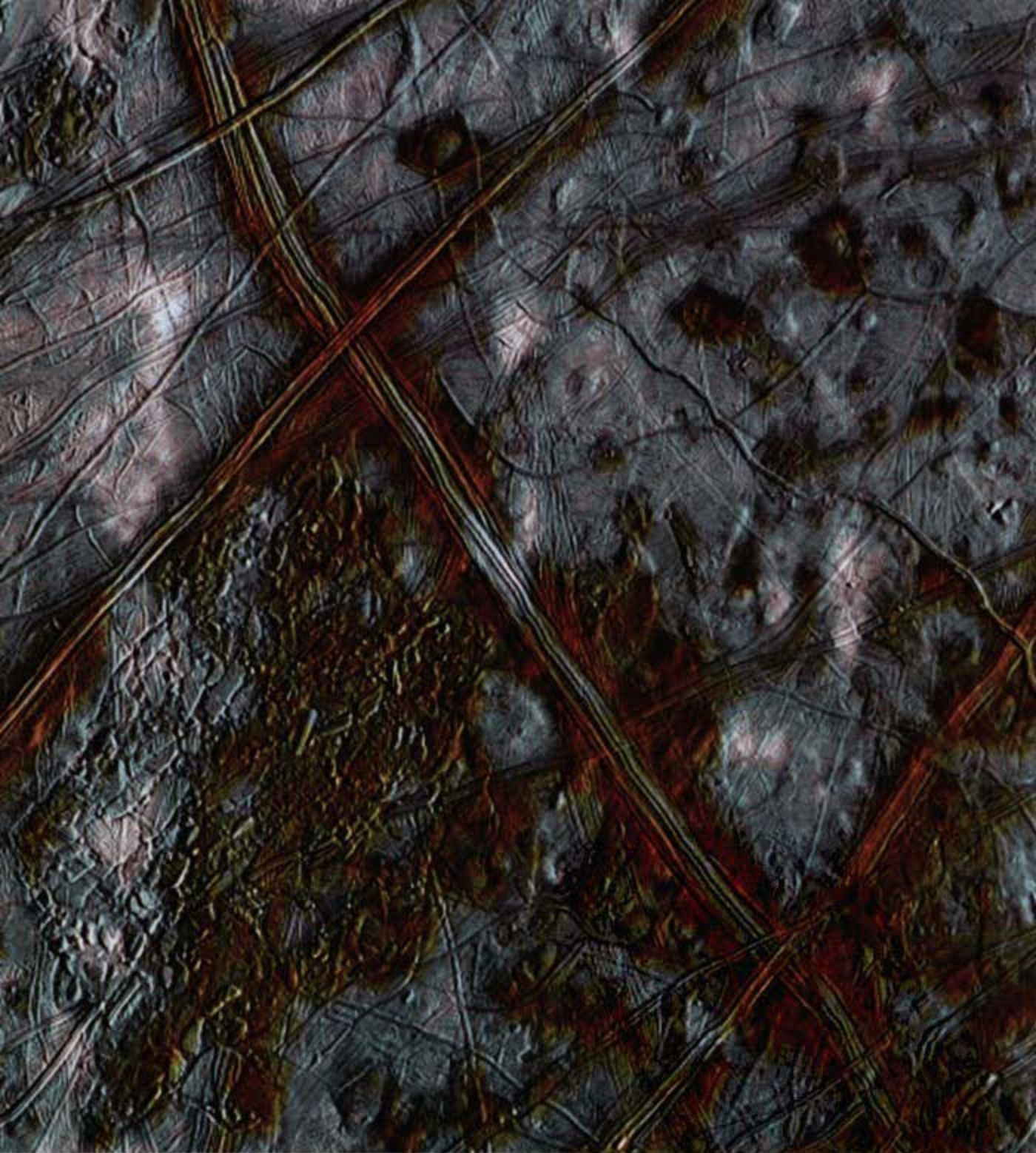
受引力加温

木卫二与太阳的距离是地球与太阳距离的4倍，这使它成为一个极度寒冷的地方。它的表面温度是 -160°C （ -260°F ），这就是为什么整个木卫二覆盖着一层厚厚的冰的原因。既然处于寒冷的条件，那么在它的表层下面又怎么会有液态水呢？答案是木卫二的内部受引力效应加温。产生这种地热的力，类似于地球上使海水流动形成潮汐的力。木星的巨大引力，与木卫二和其他木卫耦合，产生引力的拉曳作用，引发潮汐应力，使木卫二发生形变。木卫二实际上完全在引力拉曳下伸缩，并在内部产生热量，以促使表面冰壳下的水体保持液态。

这也是作用在木卫一——距离木星最近的卫星——上基本相同的过程。只不过在木卫一的情况下，由引力引起的潮汐所产生的热量驱动几十座火山爆发，造成岩浆的滚滚洪流。确实，木卫一是太阳系内当前火山最活跃的天体，喷发出极为壮

揭示木卫二表层下海洋的独一无二的详细图像。普维尔环形山（左）的跨径是26千米（16英里），周围堆积着喷出物，包括新鲜的水冰颗粒。暗红色的区域（右上）被认为是木卫二的冰层完全融透的结果。在颜色加深图像（右下）中的蓝色区域由几乎纯净的冰水组成





7 这是一张木卫二的近距离照，由伽利略号轨道飞船拍摄。这张照片显示了木卫二表面种种引人入胜的特征，其中，大片的浮冰与地球两极海面极为相似。木卫二的冰壳碎裂成许多板块，跨径约30千米（18英里）。某些破碎的板块已转动到新的位置，表明它们是在混合着半融冰雪的液态水上浮动。

观的羽状物，直达地表以上300千米（190英里）。

是生命的居所吗

木卫二拥有大量水的可能性使这颗卫星成为了外星生物学或探索地外生命的引人入胜的话题。正如我们前面指出的，对于生命而言，液态水是基本的环境要求之一。然而另一个要求是，还必须同时有充分的能量支持生命起源。由于阳光不能透入木卫二表层下的海洋，因此那里的生命需要从化学反应和另外的内部热能吸收能量。这类热能的一种可能来源是洋底的热液火山口。在地球上，有证据表明原始生命形式能在深海火山口附近产生，从海底的火山获得能量。木星引力引起的木卫二的潮汐加热在洋底造成类似的火山口，产生包含维持生命必需的化学元素的热水。这就为形成复杂的有机分子甚至生命开辟了道路，微生物能从这种水里吸收能量。由于火山口是一种有限的、局部的能源，因此任何（过去或现在的）海洋生命看来可能是以原始的单细胞有机体的形式，生存在这些火山口的近旁。

人们可以拿地球上海面下的条件进行有趣的比较。南极洲的沃斯托克湖是一个位于冰下的广阔液态水体，面积达1万平方千米（3800平方英里），与安大略湖的大小相当。它深埋在4千米（2.5英里）厚的冰层下，这层冰把湖水与天寒地冻的地面温度隔绝。令人瞩目的是，看来微生物能够在这个黑暗又营养缺乏的地表深处存活。从沃斯托克湖中取出的冰芯样本为我们提供了存在细菌、真菌和孢子等微生物类生命的证据，另一些样本为我们揭示了地球上前所未见、难以识别的一些特征。

那么在木卫二及其海洋的探测中，我们下一步将迈向那里？人们已经计划在下一个10年内发射宇宙飞船，它将环绕木卫二运行，对其表面展开深入的激光和雷达研究。其中的测高资料能够提供关于潜藏在木卫二冰层下海洋中生命的信息。例如，人们认为木卫二冰层下的深广海洋会在木卫二的表面产生规则的、约10米（11码）高的波浪，这将被沿轨道绕行的宇宙飞船探测到。这类研究是在木卫二上释放着陆器的基本先决条件，最终，着陆器将钻探或融穿厚厚的冰壳，直接对下面的海洋取样。

木星的其他卫星

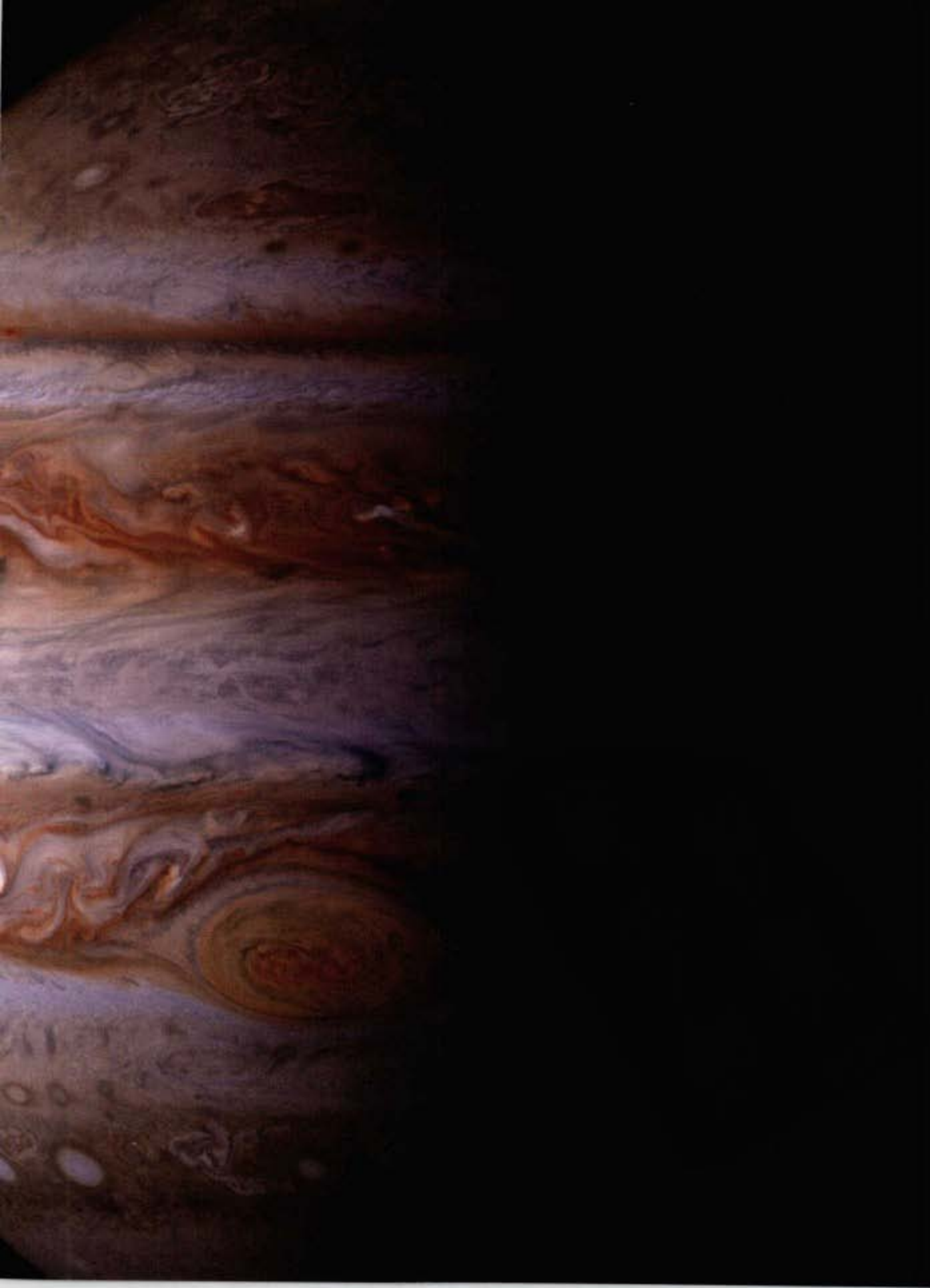
木星的其他卫星也可能在表面存在大量的水冰，也有内部加热机制，从而也产生了存在与木卫二类似的地下海洋的可能性。一个例子是木卫三（伽尼

米德），它是太阳系内最大的卫星。木卫三的外壳大部分是坚硬的冰，其上几十亿年前被严重陨击的区域斑驳杂陈。然而，最年轻的环形山四周有明亮的辐射纹，它们是彗星或小行星撞击溅起的新近外露的冰。更有意思的是，就存在液态水来说，比较年轻的区域是由冰构成的原野、山脉和峡谷。由于内部加热融化了地下冰，它们像水“岩浆”一般向上喷发，并在地表再次冻结，这样就可能造成我们在这些地方看到的地貌特征。伽利略号轨道飞船的照片显示在木卫三的表面有长而平行的山脊，延伸几百千米，它们有光滑的谷底，那里可能曾经有水“岩浆”泛滥过。此外，木卫三的磁场测量结果与木卫二相似，表明在它的冰表面层下可能有导电的流体物质，以含盐的海水、冰或半融冰雪的形式存在。然而，木卫三的冰覆盖层更厚，可能厚达150千米（90英里），这将使探测其下的海洋困难得多。

另一个扣人心弦的情况是木卫四（卡利斯托），它是木星最大的4颗卫星（伽利略卫星）中最外边的一颗，直径达4840千米（3010英里），与水星的直径相等。然而，木卫四的质量不足水星的1/3，这表明在这颗卫星上水冰可能与岩态物质一样丰富。有人认为在木卫四的严重陨击表面下可能隐藏着海洋。人们预测，木卫四核内的放射性能提供足够的热量保持咸水不冻结。与木卫二上海洋不断使冰壳开裂不同，木卫四有岩层的表面已保持了几十亿年，其累累疤痕都是由撞击造成的。这意味着木卫四的地壳几乎有150千米（93英里）厚，这使得它成为有效的覆盖层，以防护其内部热量不至于向外散逸。

✎ 木星的全景像，由伽利略号轨道飞船拍摄，是迄今为止最清晰的一张。除了带红棕色的带纹和湍动大气的白色卵形斑以外，还能看到木星的大红斑，这是一个超长寿命的风暴





第3章 | 月亮上的冰

我们总是认为地球的卫星月球是一个荒芜、尘埃密布、干燥的世界。20世纪60~70年代，阿波罗登月计划的航天员带回了月岩和泥土样品，它们完全不含水分。在实验室对这些样品进行的深入分析，也排除了月球上有可供开发的地下水资源的可能性。与火星不同，我们在月球上没有发现有任何表面特征表明是由古代历史上液态水流动造成的。令人惊奇的是，20世纪90年代末期的两艘绕月飞船在月球上确实发现了水冰，它们存在于月球南北两极非常寒冷的阴影区。

1996年末，克里门汀号宇宙飞船获得了关于水分的第一个证据，但一时难下断语。它于1996年1月发射，探测使命持续数月，从紫外到红外等不同的电磁波段去测绘月球。这次使命的另一项主要成就是测量了月球南极附近一个大陨击坑的大小和深度。该陨击坑被命名为阿特金盆地，它的跨径达2500千米（1500英里），深度几乎为13千米（8英里），这使它成为太阳系内最大的环形山。碰巧，月球的南极在阿特金盆地范围之内。由于月球的自转轴几乎垂直于它环绕太阳的轨道平面（1693年，法国天文学家卡西尼通过对月球运动的长期观测，总结出月球自转遵循的经验定则。关于月球自转轴对于黄道（即地球偕同月球环绕太阳的轨道平面）的交角，其值经测得为 $88^{\circ}27'$ ，即月球自转轴几乎与公转轨道面垂直，且为一常数。——译注），这就意味着从月球两极的任一点看去，太阳总是出现在地平线附近。由于这个原因，阿特金盆地的广大地区处于永久的黑暗之中；几十亿年以来，这些区域得不到阳光照射，也没有辐射加热，保持着 -220°C （ -365°F ）的低温。可以预期，在这些极地环形山里的任何古代水冰总能保存到今天。

通过向行星表面发射无线电波并接收反射的回波，可以在很大程度上推断行星表面的水分。克里门汀号宇宙飞船上的无线发射器曾用来向月球南极的黑暗地带发射无线电波，回波用安装在地球上的大型天线收集。关键发现是，月球南极周围永久黑暗区域反射的无线电波符合有冰存在的特征。而从月球上其他（非极地）地区反射的波束中没有相同的回波特点。结论是：月球环形山包含着水冰，容量相当于一个大型湖泊。

月球上发现水冰的事实，随后得到了美国宇航局于1998年1月发射的月球



7 伽利略号轨道飞船开始飞向木星的长途行程不久，所拍摄的月球像。我们能看到固化岩浆的斑块和古老的陨击坑。月球北极正位于图顶端的阴影区域之内



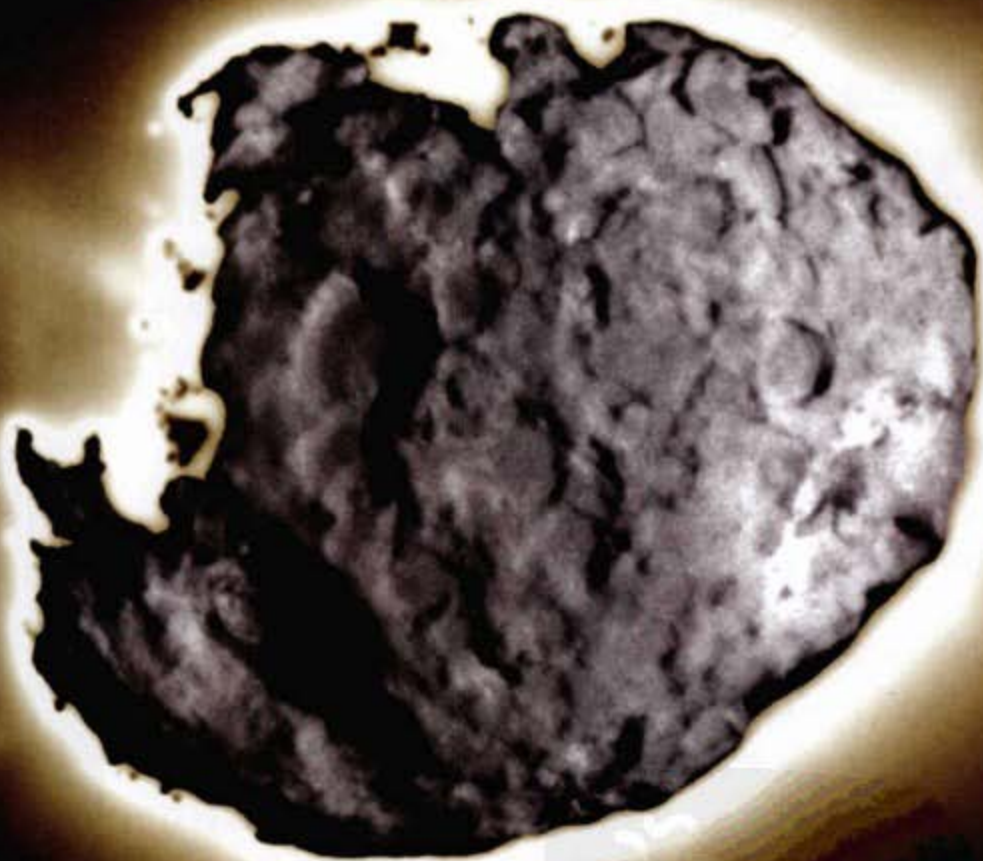


月球的南极地区。这张令人震撼的照片是由克里门汀号宇宙飞船拍摄的。极点周围广泛的阴影说明那是一个大的撞击盆地。月球南极周围的大部分地区处于永久的阴影中，因此相当寒冷，足以以冰的形式保持水分

勘探者号探测器的进一步证实。这次低预算的探测任务的目标，是以更高的确定性证实月球冰的存在。探测器上安装着称为“中子频谱仪”的仪器，进入绕月轨道后，它通过检测氢原子，能感知月球南北两极直至地表下约0.5米（1.5英尺）深处的水冰。人们发现，月球冰的确定迹象局限于月球黑暗的环形山之内，并且总的来说，探测结果表明在月球北极可能存在比南极更多的冰。探测地区的总面积约4000平方千米（1550平方英里），冰可能达到10亿吨。人们没有发现地表上以厚层形式存在的冰，相反，它们以微粒的形式广泛散布，与月球土壤或表层浮土充分混合。

月球勘探者号探测器的使命于1999年7月31日结束。那天，人们向它发出指令，让它瞄准月球南极附近永久阴影区的一座环形山撞击下去，那里可能储藏冰。人们希望撞击的能量能使水分从土壤中蕴藏的冰中蒸发出来。尽管人们在地球上应用了光力强大的望远镜和其他仪器，但是仍没有检测到水蒸气形成的羽状形态。

现在欧洲空间局向月球发射了第一艘斯马特1号月球探测器。它采用革命性的离子发动机作为主推动系统，预期于2005年1月进入月球轨道。斯马特1号月球探测器携带着科学仪器，将探索关于月球起源和性质的未知问题。除了拍摄首张全球X射线月面图之外，斯马特1号月球探测器携带的红外探测器也将用于对在永久阴影区内的环形山中水冰的迹象进行新的探测。[2004年9月27日，欧洲空间局成功发射了斯马特1号（SMART-1）月球探测器。它于2004年11月15日顺利进入月球引力作用范围，然后不断调整位置，最终进入大约近月点300千米、远月点3000千米的椭圆形轨道。这个探测器携带着先进的月球成像实验仪、红外光谱仪、小型X射线光谱仪等7台仪器，将分别开展测绘月面地形、寻找水冰、检测月面主要化学成分等科学任务。斯马特1号月球探测器的在轨工作时间达18个月，期间围绕月球轨道飞行了2000多圈，共传回了2万多张月球表面图像，测绘出了迄今为止最详细的月球元素和矿物分布图以及月球表面的整体外貌图。它的探测成果为人类研究月球表面的化学成分、月球的起源和演化提供了大量有价值的数据。2006年9月3日，斯马特1号月球探测器根据事先安排，撞击月球西南部的卓越湖火山岩平原。人们在



7 威特2号彗星的两张高清晰度照片的合成图，由美国宇航局的星尘号宇宙飞船在2004年1月2日的密近飞行期间拍摄。喷出的气体和尘埃环绕在彗核活跃的表面。星尘号宇宙飞船于2006年1月把彗星的尘埃带回地球。像这样的一个彗核包含了千米级大小的脏水冰团块，在太阳系的早期历史里，它们通过撞击而掉落在行星和彗星上

地球上对这次撞击开展了广泛的观测，也获得了许多有价值的数据。斯马特1号月球探测器还成功地试验了太阳能氦离子推进器，成为第一个采用太阳能电推进系统飞行的空间探测器。这次试验的成功使这种利用太阳能推力的系统有望成为未来星际航行的主要动力装置之一。——译注]

月球冰的起源

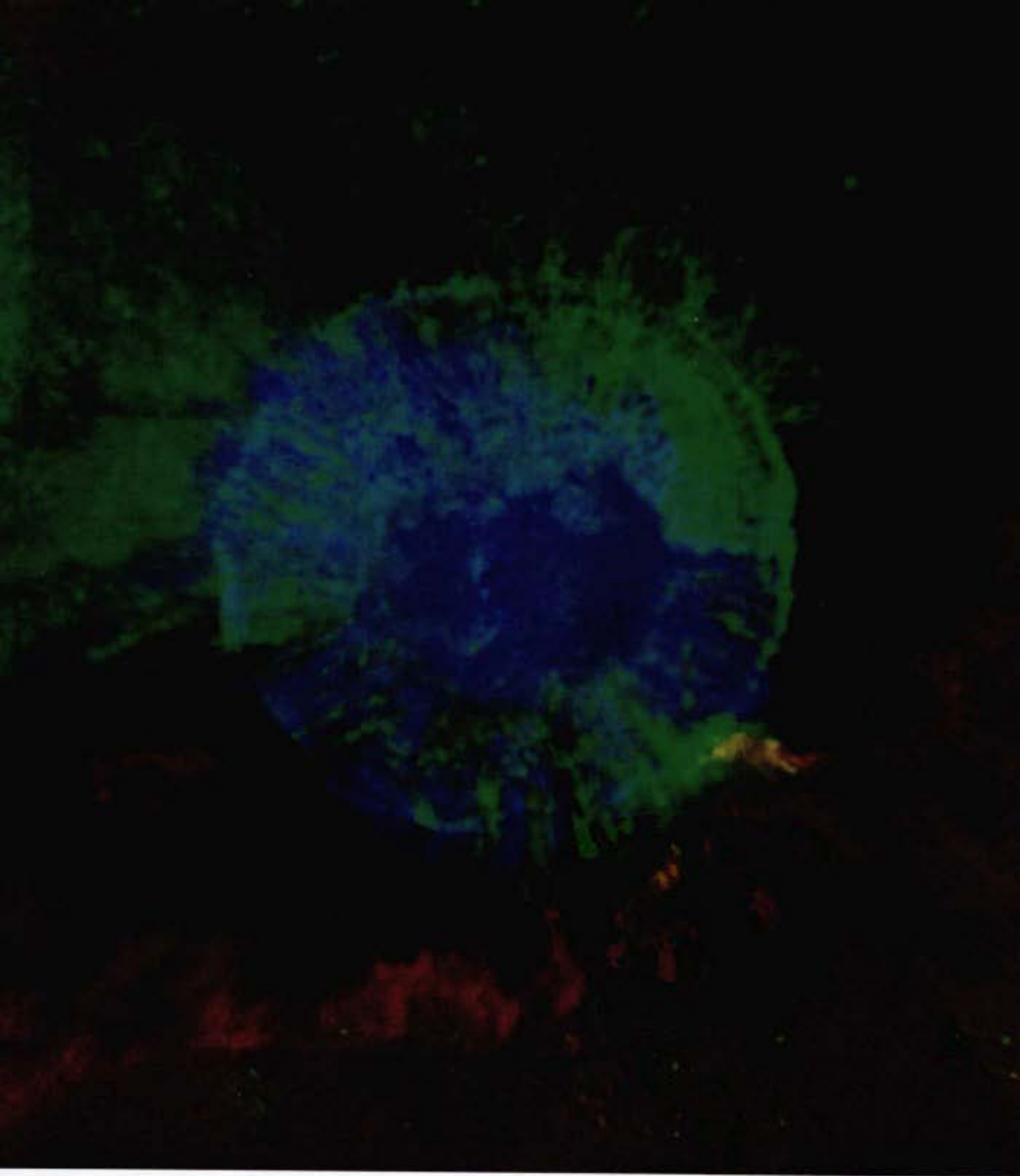
月球上永久黑暗和寒冷的环形山能够保持住几十亿年以来的水冰，其中大部分可能是很久以前由彗星的撞击释放在上面的。彗星从太阳系的外围区域向太阳飞来，它们大多数是由冰构成的。在几十亿年里，尤其是在太阳系的早期历史时期，它们撞击行星和卫星。彗星冰的大部分在撞击瞬间四处飞溅，然而其中有些则保留在月球周围，作为随机运动的分子也会直接进入环形山或最终停留在月球北极和南极区域并冻结起来。由于月球没有大气，它的表面还会遭受诸如陨星和微陨星这类更小天体的狂轰滥炸，其中许多也包着水冰，因此也增加了月面冰的存量。

月球的未来探测

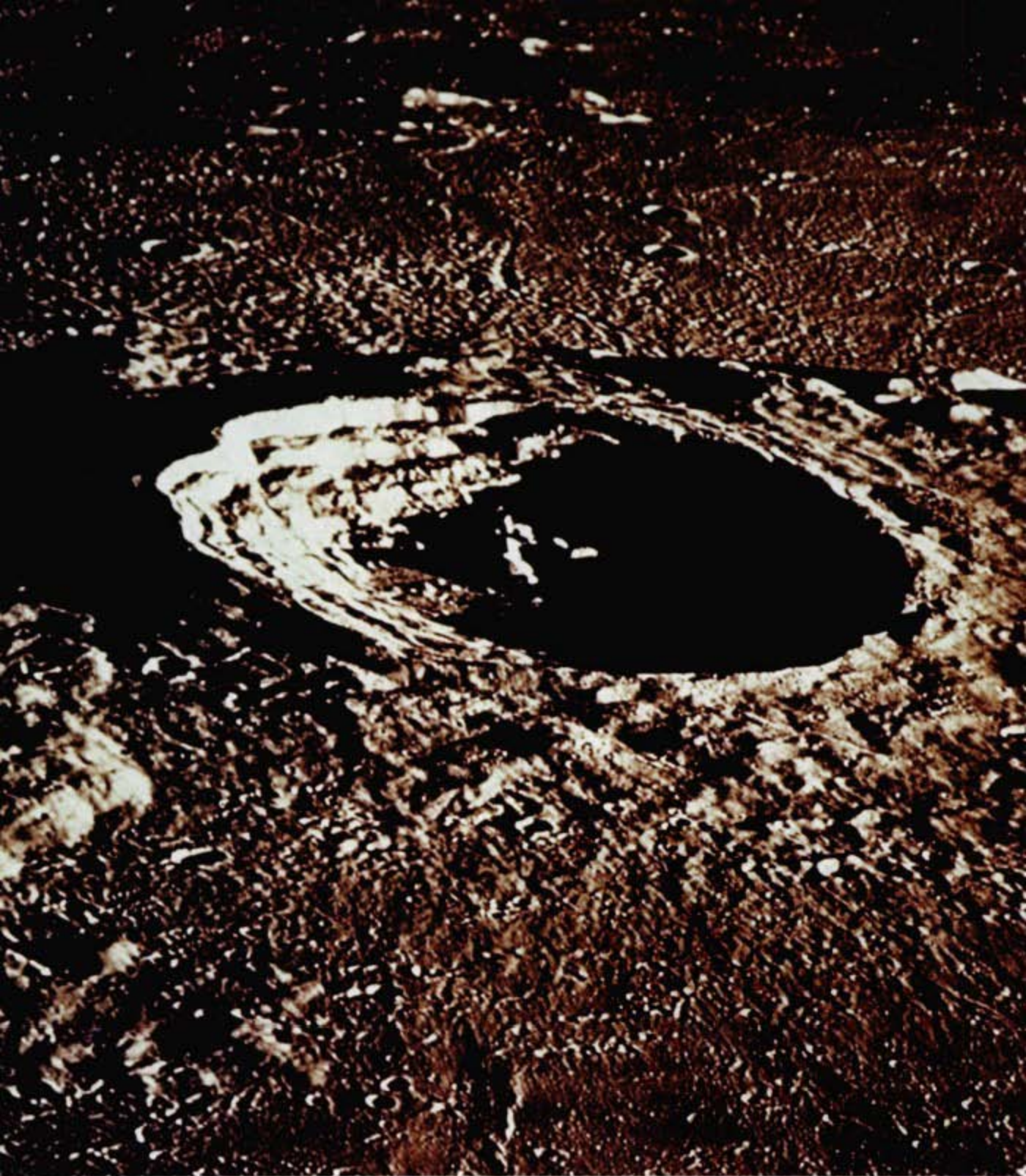
对于下一代登陆车和其他宇宙飞船来说，月球上原始状态水冰所在的极地显然是未来探测最有希望有所发现的地方。能够采集冰的样品并返回地球的探测活动，将为最深入的分析提供资料，并为人类对这个空间近邻的探测铺设康庄大道。大量水的发现对于建设永久的月面基地具有很重要的意义。除了用作饮用水以外，月面冰也能用作人类生存必不可少的氧气的来源，而冰内的氢和氧也能用于生产火箭的燃料，这就使得往返于月球的运输格外经济。月球南北极上永久阴影区内的环形山终将成为太阳系内地球之外最珍贵的不动产。

猎户星云。值得注意的是，最新研究证实水分子也存在于猎户星云内，它距离地球1500光年，是一个巨大的气体和尘埃的仓库。这个星云不仅为产生新恒星提供了原始材料，而且人们在这个星际气体云之内发现了巨大含量的水蒸气。太阳系内彗星、卫星和行星所含有的水，可能产生于猎户星云这样的星云里





月球的陨击环形山埃拉托色尼（右，由阿波罗12号宇宙飞船拍摄）和阿里斯塔克（左，由克里门汀号宇宙飞船以赭色拍摄）。两张十分不同的图像详细地展示了陨击环形山的各个部位，包括底部、边缘、中央山峰和周边的喷出物。虽然图中的环形山并非位于



板区，但是与它们类似的环形山的形状和结构，为设想月球南北两极上包含冰的环形山提供了直观形象



一个旋动的气体尘埃盘环绕在新形成的恒星御夫AB的周围。如果遮蔽来自恒星的亮光（在这张像上用黑十字架遮挡），就能看清盘内诸如气体和尘埃的亮结这类细节，它们昭示了正在形成中的行星。这里看到的气体尘埃盘的大小是太阳系的数倍

第4章 | 太阳系外的世界

人类自从具备近代知识开始，大概就在估量可能存在环绕除太阳之外的恒星运行的行星。现在我们不再猜测是否存在太阳系外行星的问题，而是要更多地了解它们的特性和意义。人类正在史无前例地探测太阳系外的世界。自从1995年检测到环绕名为“飞马51”的类太阳恒星运行的首个太阳系外行星以来，人们就以超过每月1颗的速度不断发现新的行星。环绕其他恒星运行的行星当前记录在案的已超过100颗（截至2006年12月，已发现太阳系外行星200余颗——译注），而且发现的步速正在与时俱进。这项突飞猛进的探测活动不仅冲击着天文学，也冲击着诸如生物学和哲学等各领域。下面我们回顾太阳系外行星研究中的最新进展，同时憧憬最后目标，即有朝一日发现遥远的类似地球的行星。

迄今所发现的太阳系外行星

发现几十光年之外环绕其他恒星运行的行星，即太阳系外行星，在技术上是十分困难的。行星与恒星不同，自己并不发光，只是反射母恒星的光线。这些反射光是十分微弱的。例如，在太阳系内，太阳通常以约10亿倍的可见光照耀行星，如果从30光年的距离处回观太阳系，金星这颗最明亮的类地行星将比太阳暗淡6亿倍。现代技术尚不足以检测如此微弱的恒星反射光。

由于这些太阳系外行星如此暗淡，天文学家只能另辟蹊径，用间接方法去探测它们。最成功的方法是研究母恒星的微小“摆动”，这种摆动是由环绕它的行星的引力作用引起的。这种摆动的摆幅非常小，从而要求速度测量必须非常精确。例如，从约1万千米（6200英里）之外去观察由太阳系行星引起的太阳摆动，只有约一个小硬币大小的摆幅。这种研究方法称为“多普勒”技术，它应用称为“频谱仪”的十分精密的仪器，该仪器被安装在强光力的望远镜上。天文学家能用频谱仪测量恒星趋近或远离我们时的前后振荡运动。大多数已知的太阳系行星是通过这种方式发现的，虽然结果还有许多不确定因素。频谱仪也被应用于研究来自拥有行星的类太阳恒星的光线，以了解它的年龄、温度和输出能量等，它们大多数都距离地球在50光年之内。

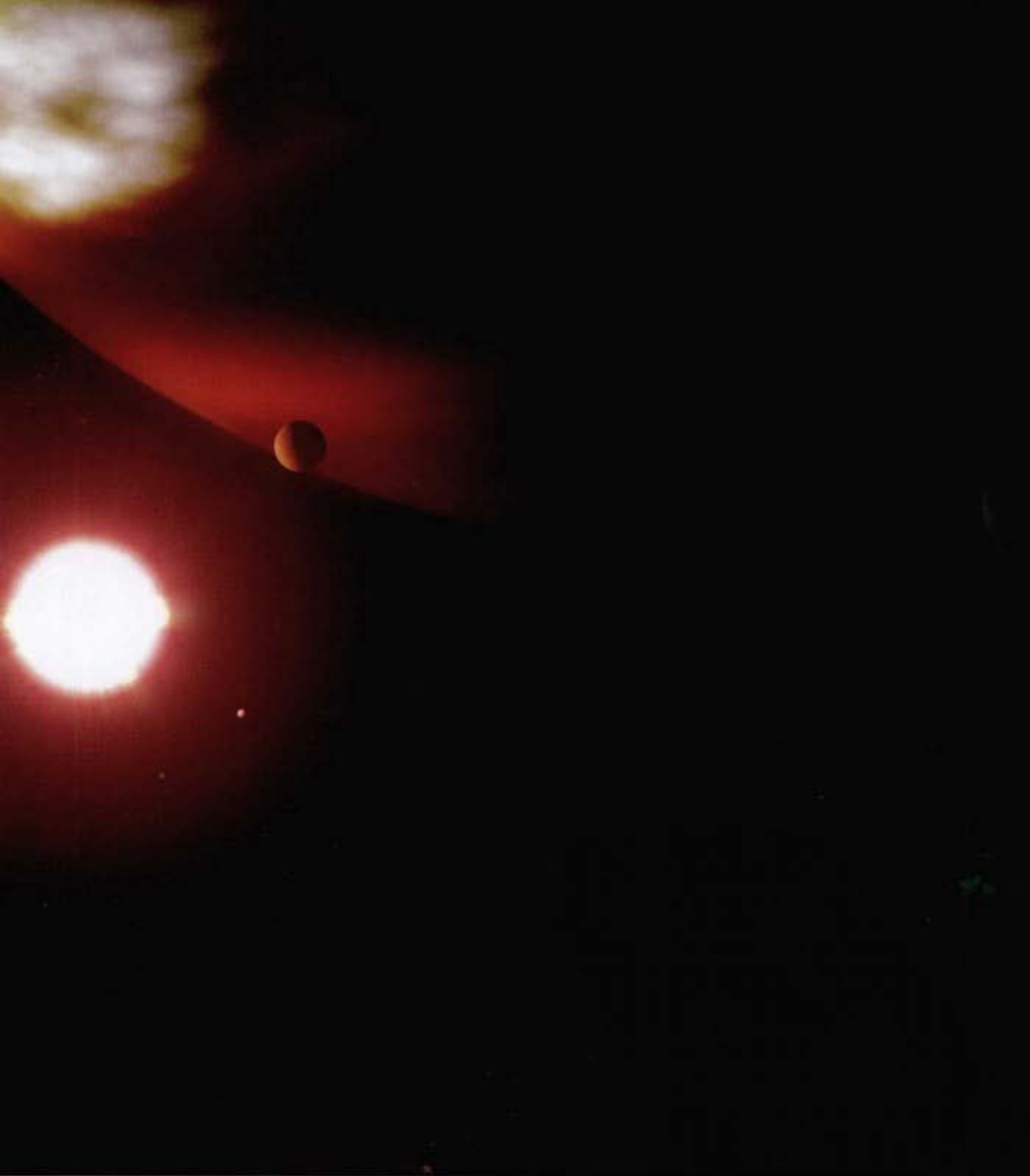
迄今为止，我们所检测到的所有太阳系外行星都类似于气态巨行星木星和土星。它们的质量从小于木星质量的1/2到大于木星质量的10倍不等，它们环绕

母恒星的轨道周期为3天到15年。然而，这些行星具有两个令人惊异的性质。首先，它们中的大部分所在的轨道都十分靠近它们的母恒星——在有些场合，轨道比太阳系内水星到太阳的距离还近得多。类似这种紧靠母恒星的“热木星”并不符合于我们关于太阳系形成的传统观念。第二个惊人之处是有些太阳系外行星与它们母恒星的轨道距离小于木星与太阳的轨道距离，但大多数轨道偏心率很大，也就是有卵形的轨道，有点像彗星轨道。总而言之，迄今所发现的行星系与我们的太阳系大相径庭。

推动天文学发展的一个主要目标之一，是有朝一日移居到与地球相似的类地行星上去。迈向这一宏伟目标的最初几步是发现单个恒星周围的多重行星系，检测较小的气态行星。目前的最新成就之一是发现了一个环绕类太阳恒星“鲸鱼79”的巨行星。天文学家在鲸鱼座方向上距离117光年处检测到鲸鱼79的微小摆动，揭示了一个只有土星质量70%的行星的引力作用。这颗行星运行在卵形轨道上，与鲸鱼79最近时比水星离太阳还近。运行在这种蛋形轨道上的行星在它们交替地接近和远离母恒星的时候，很可能经受温度的极端变化。环绕鲸鱼79的气态行星能达到 830°C (1530°F) 的灼热高温。同时，人们还发现了一个多重行星系，它环绕着一颗名为“仙女v”、年龄为30亿年的恒星运行，位于约4500万光年之外。有3颗气态巨行星环绕仙女v运行，其中一颗的质量是木星的10倍，每1267日绕行1周。第二颗行星与木星质量相当，以与地球环绕太阳相同的距离环绕仙女v运行；而第三颗行星只有木星质量的70%，不过它的轨道距离大约只是水星绕太阳距离的1/7，只需4天即绕行1周。另一个已发现的三重行星系环绕着恒星“巨蟹55”运行。在这三颗巨行星之中，一颗紧靠着巨蟹55，环绕1周仅15天，而另外一颗稍微远些，44天即绕行1周。有趣的是，这个行星系统的第三个成员是一颗气态巨行星，轨道接近圆周，绕行巨蟹55的距离与木星绕行太阳的距离相当。不难想象，巨蟹55行星系内也可能包含着地球大小的行星，有待于人们将来应用更先进的技术和仪器去发现。

重新审视行星的形成

大部分已经发现的太阳系外行星系与我们的行星系迥然不同，因而它们的存在违拗太阳系形成理论。这些奇特的新世界迫使我们质疑太阳系行星的起源问题，甚至要质疑地球是不是非常罕见的行星家庭的成员。关于太阳系起源的公认理论认为，九颗行星（加上小行星、彗星和其他碎块）形成于一个扁平的、旋转的气体尘埃盘。这些物质是太阳在气体尘埃盘的中心形成后



✎ 类木星的气态行星环绕矮恒星格利斯876运行（图中远距离处）的假想图。这颗气态行星是通过测量行星的引力作用引起的恒星摆动而间接检测到的。格利斯876有15光年之遥，位于宝瓶座





从环绕类木星行星的卫星上所见到的景象。这颗行星是在恒星HD70642的周围发现的。这颗太阳系外行星的质量是木星的2倍，不适宜于生命。然而，从太阳系探测所得的经验昭示了一种令人神往的可能性，即环绕太阳系外行星的卫星的冰层表面也可能存在水的海洋。

残留下来的。气态巨行星产生于外围区域，远离太阳，那里相当冷，尘埃颗粒包裹在冰幔之中，这样尘埃颗粒禁锢在一起逐渐形成了行星核，其质量达地球的数倍。终于，行星核的质量变得相当大，它们的引力足以从周围的气体尘埃盘里俘获大量的、以氢和氦为主的气体，从而形成了气态（类似木星的）巨行星。近太阳处物质匮乏，只有小的岩态（类地的）行星才能在这种温暖得多的环境里形成。

根据这种太阳系形成的公认模型，在环绕太阳的圆形轨道上运行的行星中，气态巨行星只能在太阳系的外围。让人困惑的是，已经发现的大多数太阳系外行星，要么是紧挨母恒星的、类似木星的气态巨行星，要么是远在外围但运行在偏心的卵形轨道上。这些发现，迫使我们重新审视标准的行星形成观念。有一种理论认为，新形成的大质量行星会在旋动的气体尘埃盘中清扫出一条缝隙，把它分为内外两部分，然后内盘失去能量，导致在外围区域的巨行星向内朝着恒星盘旋。这将能解释紧靠恒星的大质量太阳系外行星。巨行星向内移动的结果是，它们的运动导致远小得多的岩态行星被完全抛射出这个行星系。从这一点来看，我们是幸运的，因为太阳系里的气态巨行星——木星、土星、天王星和海王星——还留在太阳系外围：如果它们向内盘旋，地球岂不要被抛掷到星际空间去？

在未来的十来年里，我们所发现的太阳系外行星的数量将会大幅增加。为了确切理解在其形成历史中处于不同年龄阶段的行星系之间的差异，尽可能多地发现太阳系外行星是必需的。只有这样，我们才能了解我们太阳系的特点究竟是普遍的还是一种例外。

是否有生命

在不久的将来，我们将能直接拍摄并测量环绕类太阳恒星运行的类地球行星，这是多么鼓舞人心和意义深远的远景！诸如开普勒计划、空间干涉测量计划、达尔文计划和类地行星发现号探测器发射计划等，都是针对这一目标。人们所取得的初步进展，可能在于检测来自类地球行星的微弱光线。先进的频谱仪能对这种光线进行分析，分解为各频率分量，告诉我们太阳系外

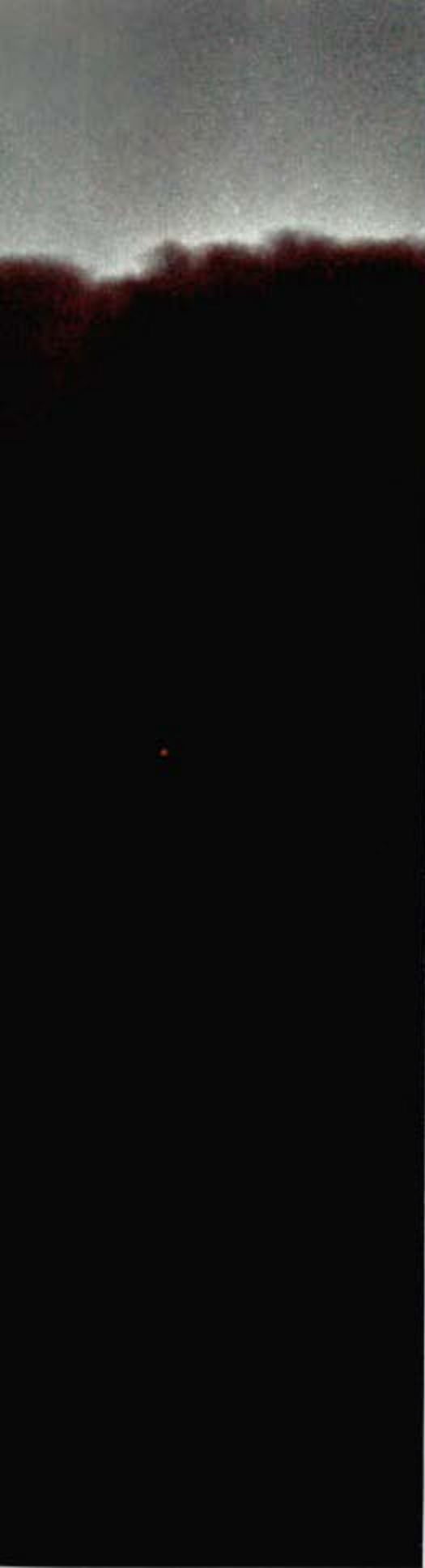
行星大气中的化学物质和气体。

同时，频谱仪通过检测这些行星的气息——行星上广泛分布的微生物要呼吸，从而改变大气的化学性质，还能告诉我们行星上是否有生命。例如，由于几十亿年前海洋的蓝绿色海藻进行了光合作用，臭氧和氧仅仅出现在地球大气内。太阳系外行星上原始生命形成的另一个示踪物质可能是甲烷分子。在地球的极早期历史中，微生物统治了地球，它们摄取包含在气体内的能量，在某些情况下释放出甲烷。虽然要从太阳系外的类地行星上毫不含糊地发现水还为时尚早，但是一旦在地球以外的地方发现了水，便将是证认“我们似曾相识”的地外生命的决定性一步。有一件事很有意思，今天科学家正在应用与激光类似的、称为“脉泽”（“受激辐射微波放大器”）的仪器，在微波波段探测恒星周围的水。太空中水分子在一定条件下能发射脉泽波束，人们能在地球上以22吉赫兹的射电频率检测到它们。人们已经从仙女座、波江座和拉朗德21185等恒星检测到这些信号束，根据多普勒技术探测到的恒星摆动，所有这些恒星都被发现有行星系。

太阳系外行星上的生命完全可能有根本不同于地球生命的生物学特性。以硅为基础的地外生物学，与地球上以碳为基础的生物学相反，将是我们完全陌生的。生命形成也可能不依赖于星光，而是依靠地热能量繁衍生息，更像是地球上深海火山口周围产生的生物和存在于木卫二上、处于人们猜测中的生物。今天的天文学和天体物理学正在对遥远恒星和行星广泛地开展化学和生物学过程的测量。未来的几十年里对太阳系外行星的探测将会发现什么，往往会出乎我们的想象。

在太阳系内探寻微生物类生命和发现众多的太阳系外行星拓展了一门称为“天体生物学”（或称“大气外生物学”）的年轻的分支学科。顾名思义，这门学科的目标是把对宇宙的研究与对生命的研究结合起来。其目的不仅在于在宇宙各处寻找生命，更多的是要了解地球上生命的起源、演化及其将来。天体生物学的新研究机构正在美国、欧洲和澳大利亚建立，将包括天文学、生物学、化学和地质学等在内的广泛学科领域的科学工作者集合在一起。他们将努力把各种互不相关的片段综合起来，以证明在宇宙中，生命过程可能是普遍的。





✍ **恒星的诞生地：**马头星云的高清晰度半身像，由哈勃空间望远镜的照相机拍摄。这个星际空间中的寒冷的气体尘埃云，是形成新恒星的摇篮

第 2 篇

起源





7 巨星云NGC3603。恒星生命周期的几个阶段，都展现在这张震撼人心的图像里。在图像右方，形成恒星的大氢气云由于受到来自位于中心附近的大质量年轻恒星的强烈辐射而发光。这张引人入胜的图像的左上方有一个星团，里面隐藏着进一步演化的蓝色大质量恒星

发射到绕地轨道上或安装在高山上的强光望远镜，正在帮助我们看到宇宙最详细和最引人的景象。最新的设备，以先进仪器和精密技术的发展为依托，使我们取得天文学和宇宙学的各领域的一些最具有挑战性问题的新进展成为可能。

本章探讨现代研究中与起源这个一般性课题有关的3个重要方面：恒星产生、星系形成和宇宙早期历史的条件。哈勃空间望远镜和其他天文台目前正在揭示恒星从巨气体星云形成过程的微妙细节，更新着我们对太阳系外行星系和星系活动的了解。现在，我们也能透过空间极其遥远的距离去感知早期宇宙的演化，看到星系正在那里集结成形。这种关于星系成长的了解已经促进了理论的发展，这些理论涉及第一代恒星的起源和诸如巨大的星系团这类宇宙最大结构的成长过程。

然而，一切问题中的最大挑战是去理解宇宙本身的起源、早期演化和终极命运。大爆炸之后仅仅38万年发射的原始辐射的微波图，以前所未有的精确性确定了宇宙最基本的性质。

第5章 | 恒星的产生

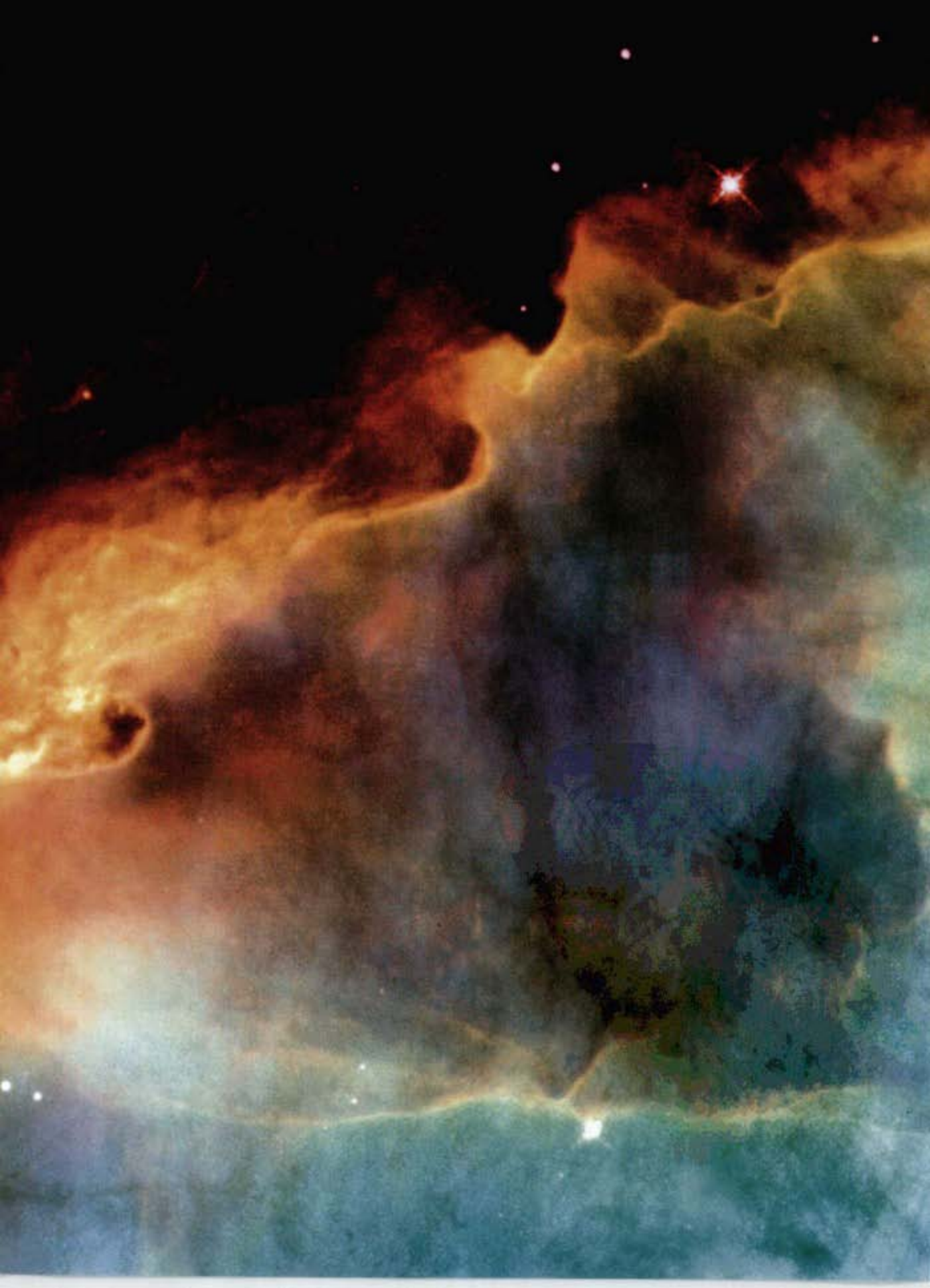
由于恒星在星系结构和行星形成中起着关键的作用，同时又是构成生命的化学元素的源泉，因此了解恒星起源对于我们了解宇宙是至关重要的。恒星在巨大的冷气体和尘埃之中形成，在那里，稠密的物质团块在其自身引力下逐渐压缩。虽然几十年以来，人们已经知道恒星产生的基本机制，但是只是在最近几年里才开始应用能在红外、射电和光学（可见光）波段进行观测的望远镜，至此我们才开始明白和理解这一过程更精确的细节。

恒星之间的太空并非空无一物。虽然星际空间内的物质比我们在地球上实验室里所能制造的真空还要少，但是在恒星之间确实散布着尘埃和气体，它们称为“星际介质”。总体说来，气体和尘埃的分布十分稀疏。我们可以打一比方，如果这些气体和尘埃的原子的尺寸大小相当于一个成人，那么每个原子（即一个人）之间将相距7.78亿千米（483亿英里），即大致相当于太阳与木星之间的距离。几乎99%的星际介质是由气体构成的，其中大部分是氢，其次是氦，其余1%大部分呈现为极小的尘埃颗粒，每一个约百万分之一米大小。这些尘埃颗粒是固态碳、硅、冰和铁化合物的形状不规则的微粒，在形成地球这类行星中起着极为重要的作用。



一对多产的年轻恒星双星团。它位于约15万光年远处，在我们的邻近星系大麦哲伦云内。图中右下部的小星团包含正在形成中的类太阳恒星。这幅图像是说明气体、尘埃和恒星在太空相互作用的良好范本。主要星团里的大质量恒星已在几百万年前以超新星的形式爆发，形成了图中左侧壮丽的纤维状结构。人们认为从这些强烈爆炸中产生的激波起着触发器的作用，引发了导致随后新恒星从气体和尘埃中产生的过程。





哈勃空间望远镜拍摄的天鹅星云。该星云是一个湍动的产恒星摇篮，距离地球约5800光年。处于孕育期的质量恒星所辐射出的高能紫外线正在加热周围的冷氦气，使之发出橙红色的辉光。图中展示的区域跨径为3光年

巨分子云

然而星际介质的物质分布并不是均匀的，事实上，它们会非常无序地成堆分布，以至于气体和尘埃集中在巨分子云内。这些云通常称为“星云”，主要包含氢和氦的分子，密度能比周围星际空间高上千倍。银河系里星云的典型大小是几光年。这类星云块中，密度最高、质量最大的是巨分子云，它能包含足够多的气体，从而形成超过10万颗以上太阳般的恒星。巨分子云是银河系的主要构件。这些恒星摇篮的最著名例子能在猎户座、金牛座、蛇夫座和蝎虎座里找到。

这些星云里的大部分气体是很寒冷的，温度低至 -200°C (-400°F)，因此它们绝不会发射任何光学波段的光线。由于存在尘埃粒子，所以更不可能看到星云内部。因此，为了更多地揭示恒星形成过程，天文学家必须以红外、射电等波段进行探测，而不能依靠可见光。调谐到这些波段上的望远镜使得天文学家能够看到暗分子云最稠密的部分，那里恒星正从氢气凝聚的团块和亮结以及细微的尘埃粒子里形成。这些团块中，最不透明的称为“博克球状体”，它们在恒星的背景上显示为十分突出的黑暗斑块。孕育中的恒星隐藏在这些光年大小的球状体里，但是由于尘埃粒子的阻挡，我们从球状体外无法看到恒星发出的可见光。

当旋动的分子云里的各区域质量增大从而密度增加后，引力导致它们坍缩，持续不断的压缩提升着中心的温度和压力。在持续了1万~100万年的坍缩阶段之后，核心的温度达到1500万 $^{\circ}\text{C}$ (6000万 $^{\circ}\text{F}$)，足以引发核聚变反应，从而为新生恒星提供能源。这种核反应的开始，标志着恒星形成的最后的关键阶段，所产生的能量阻止了恒星任何进一步的收缩。

哈勃空间望远镜拍摄了一些新生恒星的令人目眩神迷的照片，这些新生恒星照耀着所在的恒星摇篮里仍环绕在它们周围的气体尘埃壳层。这些照片展示了新生恒星沉浸在周围紫外光下的星云物质中的景象。在这些湍动的产生恒星的星云内，常常可以看到气体和尘埃的巨型柱状体。比如2500光年远处、麒麟座内的锥状星云，和位于巨蛇座内的鹰状星云内1光年长的柱状体。在以上两例中，来自寄居恒星的紫外辐射侵蚀着暗星云的边缘，显露出原本





2500光年之外的、正在孕育恒星的气体尘埃云。这个巨型柱状体的头部被发光氢气产生的红色光晕笼罩。气体柱状体（比如图中这个）有几光年高，是银河系内新生恒星的保育箱

隐匿着的形成中的恒星。它也使得周围的氢气发光，导致许多这类星云染上红红的色彩。紫外光造成的蒸发限制了孕育中恒星的长大，因为蒸发使得本来会积聚的气体散逸，从而无法补给恒星的成长，高清晰度的照片也揭示了这些情况。这一过程也从而限制了在恒星周围形成恒星盘所必需的大量物质。

外流和喷流

通过对形成恒星的星云进行深入观测，人们获得了最惊人的发现：几乎每个新产生的恒星看来都在喷发由高热气体形成的物质。这些气体或者作为高速喷流向外喷射，或者作为高能星风吹向太空——这称为“外流”。新近的观测为这种极高能的现象揭示了新的征兆。喷流以150万千米每小时（超过100万英里每小时）的速度突进，延伸几十亿至几万亿千米，并在这个距离上带走相当于上百颗太阳的质量。当气体向新生恒星下落时，受到加热，被猛烈吹出，很可能受到恒星磁场作用，看来就会形成这些喷流。高分辨率的图像显示喷流起源于非常接近恒星的地方。有时出现在这些喷流中的复杂的亮结结构表明气体和孕育年轻恒星的拱星盘具有不规则的、多团块的结构。

除了狭窄、宽度十分有限的喷流以外，散开更广、卵形的星风也高速地从年轻恒星吹出。人们认为积聚在星周盘里的物质抬升了星风。外流能够延伸几光年，强烈得足以摧毁并塑造周围的巨分子云。应用历经数年获取的哈勃空间望远镜像，人们甚至可能了解这些巨大的外流如何演化。

喷流和外流记录着婴儿期恒星新近的历史，它们正在清理它们周围无用气体和尘埃的库存。这段历史，最终能够告知我们大量有关行星在恒星周围形成的条件的知识。

设于智利的欧洲空间局的8米级望远镜捕捉到了空间的壮美和神秘。一个微光闪烁、宝石晶莹的恒星背景衬托着一个名为伯纳德68的黑暗尘埃云。这个暗云的大小是日地距离的12500倍。我们关于恒星如何形成的知识，正是来源于诸如

伯纳德68之类的星云的寒冷内部的物理条件



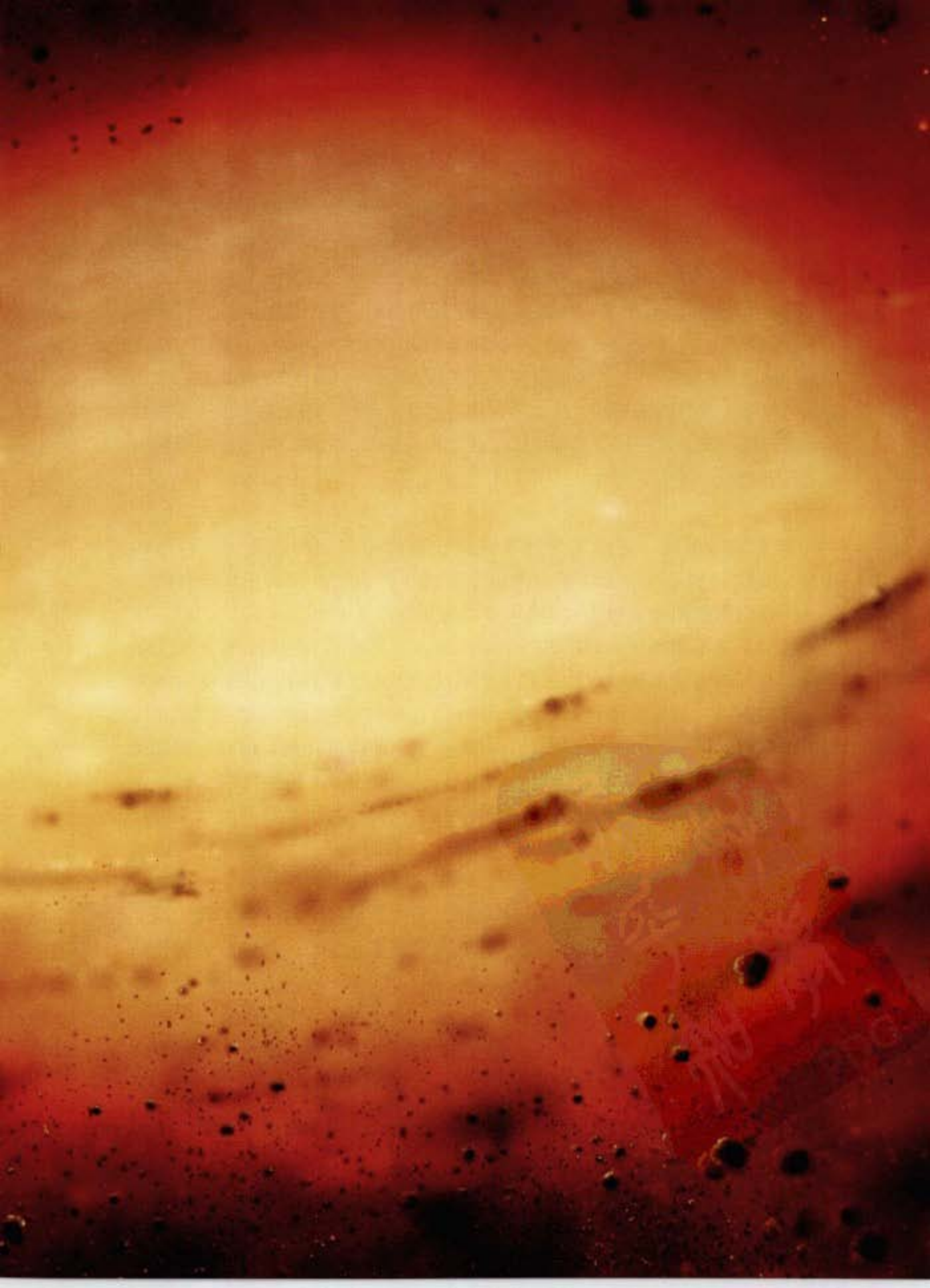
原行星盘

收缩的巨星云为恒星形成提供了基础，然而天文学家很久以来推测恒星将有一个由剩余气体和尘埃组成的、形如薄饼的、旋动的盘环绕着。这些盘具有重要意义，因为它们不仅代表了恒星形成的最早阶段，同时还代表着行星形成的最早阶段。它们往往被称为“原行星盘”，被认为由99%的气体 and 1%的尘埃粒子构成，不过即使尘埃的量如此微不足道，却也使得原行星盘很不透明，因而难以看到和拍摄。然而，现代望远镜和仪器技术的巨大进展足以使得原行星盘凸显真容。

应用红外波段的仪器，我们已经看透了从正面到侧面各个方向的暗尘埃云，获得了关于它们厚度和密度的信息。有些原行星盘的质量超过构成太阳系所需10倍的质量。它们可分为两种主要类型：一种是厚盘，与核心内的核聚变开始前的原恒星结合；一种是薄碎块盘，它环绕具有炽热核心的年老恒星。行星的形成发生于这两类盘的转变过程中。人们认为太阳系内的地球和其他行星正是在约45亿年前在这类盘中形成的。确实，原行星盘是普遍存在的，如果说行星是恒星形成的天然副产品，那么可以期望行星也是普遍存在的。

事实上，正是因为有了诸如美国宇航局空间红外望远镜（SIRTF）这样的新设备，我们才得以获得越来越多的关于行星形成的知识。

计算机生成的模拟像，显示一颗年轻恒星正从周围的气体盘中形成。中央恒星从盘内逐渐积累物质，直到它的核心变得相当炽热和稠密，足以触发核聚变反应



图说宇宙——空间探测的最新发现——990

第6章 | 星系的黎明

星系是宇宙的建筑构件。在可观测的宇宙里，有超过1000亿个的星系，每一个都包含千百万颗或百十亿颗恒星，富含气体和尘埃，都通过共同的引力聚集在一起。虽然它们在大小、亮度和结构上千差万别，但是星系通常可以宽泛地分为3种类型：旋涡星系、椭圆星系和不规则星系。例如我们的银河系就是一个旋涡星系，因为它像玩具风车一样有从中央向外伸展的宏伟的旋臂。椭圆星系的形态呈卵状，而且与旋涡星系不同，很久以来已停止了新恒星的产生。不规则星系的形态捉摸不定，没有可识别的形状或结构，通常是大量恒星形成的场所。现代天文学的神圣追求是揭示在宇宙的早期历史中，所有这些不同形态的星系是如何聚集而成的。

星系如何形成，是天文学和宇宙学中悬而未决的问题之一。在前面几章，我们看到天文学家能够观测恒星形成，因为它是眼前正在进行的过程——我们的银河系在过去100亿年里，每年要产生几颗类太阳的恒星。然而，我们从来不曾直接看到附近的星系形成，主要是因为它们都是在几十亿年前，在逐渐的而不是瞬时的过程中生成的。天文学家必须用先进的望远镜去观测最暗淡、最遥远的星系，从而在时间上回溯它们的婴儿期。纵然光线以不可思议的每秒30万千米（每秒186000英里）的速度传播，但是宇宙如此广漠，从这些遥远星系发出的光线必须经历数十亿年才到达我们这里。这样，一个星系距离越远，我们就看到越遥远的过去。宇宙最深处的景象能让我们看到100多亿年前暗淡的原始星系。因此，我们正在开始了解宇宙中诸如星系和星系群聚的早期结构。除了可以将望远镜作为“时间机器”来回溯过去、研究星系的形成，我们还可以通过深入研究我们近旁的（当前时代的）星系来加深对星系形成的了解，因为这些本地星系包含着它们如何形成目前的样子线索。

深空中的建筑构件

高灵敏度的哈勃空间望远镜为我们提供了关于早期宇宙的前所未见、最详细的图像。其中最令人赞叹的一张展示了几乎130亿年前的景象，那时宇宙的年龄还未达到10亿年。在形状可识别的旋涡星系和椭圆星系之间，这些深



✎ 宏象涡状星系的壮观景象。明亮的年轻恒星和发光的氢气勾勒出优美的旋臂，正是这个星系的特征。图中，错综复杂的尘带清晰可见，为天文学家提供了旋涡星系如何聚集成形的最新视角



空观测也展示了几千个珍贵的幼年星系，那时它们开始大量形成恒星。

沿着超过100亿光年的空间长廊，我们能够看到发蓝光的暗淡雾斑，它们被证实是很有意义的。这是一些原星系，正是它们形成了我们周围的星系。许多受扭曲的矮前星系是构成宇宙更基础的组元，正在并合和长大，由约10亿颗很年轻和炽热的蓝星构成。它们每个的尺度几乎是2000光年，与银河系（这个普通星系）盘的跨度10万光年相比，显得微不足道。然而，我们能在宇宙早期历史中看到（直到100亿年前）几千个这类正在形成恒星的特殊星系，而在当代它们确已不复存在。有人认为，这些原星系是我们今天所见星系的建筑构件。哈勃空间望远镜的清晰图像提供了支持这个理论的直接证据，即大星系是由这些小组元集合而成长起来的，并非由巨气体云收缩形成。通过反复的碰撞和并合，许多组元结合到我们今天所见的、距离我们比较接近的、规则的椭圆星系和旋涡星系之内。按照这一图景，我们可以设想银河系还包含着这种更基础的组元。它们可能是一部分球状星团，这些球状星团是最老年恒星的紧密集群，广泛地分布在银晕里；或者是一部分中央核球，这些中央核球包含了一半以上的银河系质量。

星系演化是一个复杂的课题，它包含着当前天文学家面临的一些最具挑战性的问题。天文学家的基本任务是了解早期宇宙中导致氢和氦集结成团成为星云，并最终形成星系的一些事件。

来自天然望远镜的帮助

汇集起来结合成大星系的各组元很小，而且不可思议地遥远，这使得它们即使用光力最强的空间望远镜或地基望远

名为NGC4603的经典旋涡星系，由哈勃空间望远镜拍摄。它距离地球1.08亿光年，是我们所能辨清其中单个“造父变星”这类特殊恒星的最远距的星系。这类脉动的特殊恒星为测量宇宙中天体的距离提供了重要工具（图中心附近的亮星是银河系内的背景天体，与NGC4603无关）









迄今为止在可见光波段所能看到的宇宙最深处的景象。它称为哈勃极深空场，是哈勃空间望远镜拍摄的130亿年前形成的星系样本，那时宇宙勉强达到现在年龄的5%。这张照片是用百万分之一秒的照相机拍摄的，所拍摄的实际场景包含了约1万个星系。这张照片有助于我们对早期宇宙中星系产生的了解

镜都极其难以看清。幸好宇宙中有一种调光机制，称为“引力透镜”，能够起到光力极强的天然望远镜的作用，从而为天文学家提供帮助。

引力透镜是爱因斯坦广义相对论的显著特征。巨大质量天体的存在使空间弯曲或扭曲，并使光线的传播路径弯曲。在太空中，诸如星系或星系群这类天体，有可能以这种方式使光线弯曲，而且在适当的条件下，单个远距源在近得多的棱镜星系的背景中能看到多个像。

引力透镜的一个妙趣横生的例子是称为阿贝尔2218的星系团（参见本书第四篇），它位于几乎200万光年远处。阿贝尔2218起了前景透镜的作用，它使光线弯曲，并使它后面一直线上的天体的亮度增强30倍。以这种方式被它放大的天体之一是在130亿光年远处的一个包含100万颗恒星的集群。人们认为这个包含氢气和年轻恒星的幼年星云是形成星系的建筑构件。阿贝尔2218星系团的引力透镜作用，能使天文学家观测后来并合构成星系的原始组元如何产生。人们认为，在100多亿年前的早期宇宙中出现了无数个这类组元。

这是名为NGC4214的星系的图像，展示了恒星极度爆发式的形成。这个星系位于离地球1300万光年远处。星系的中心极其壮观，它是一个包含几百万颗新近形成的大质量恒星的星团，其中每颗恒星的光度至少为太阳的1万倍。像NGC4214这样的星暴星系，为我们了解星系内各成员如何首次“亮相”提供了线索

通过设于智利的8米级望远镜和由位于30亿光年远处的（前景）引力透镜星系团的联合作用，人们发现了现在所知的最远的星系。最新的记录是于2004年3月观测到的、距离地球132亿光年的幼年星系。用这种方法检测到的微弱光线在离开这个幼年星系时，宇宙的年龄只有当前的4%！

本地的类比

除了直接拍摄早期宇宙中的暗淡的前星系的图像之外，我们也可能通过研究本地星系（即比较邻近的星系）的特征去了解星系如何形成。通过观测这些邻近星系，天文学家能够把它们的形状和特点与远距的对应天体进行比较，若鉴别出共同特征，就能更容易识别和了解远距离的幼年星系。

任何比较近的矮星系都具有特殊意义，它们的大小只有银河系之类的正常星系的几分之一。这类天体的形状大多数是不规则的，它们的特点是拥有大量未经使用的气体并具有很高的恒星形成率；实际上它们没有深度演化，这使它们与原始星系相似。矮星系的距离较近，因此在推断宇宙早期年轻星系内的条件时非常有用，天文学家正在力图了解它们产生恒星的历史。其中一个例子是NGC1705，这是一个不规则矮星系，距离约1700万光年。应用哈勃空间望远镜，我们已能切实辨清NGC1705的单个恒星，几千颗恒星聚集在星系中心区域发光。人们认为，NGC1705在约3000万年前经历了其恒星形成活动中的急剧增长，但与它130亿年的年龄相比，这只能算是最近发生的事。这些恒星群体随后的演化将决定NGC1705的化学成分和物理形状。

在对星系的形成进行各种有效的类比中，有一种孕育星系的特殊方式称为“星暴”。星暴星系确定的特征是星系经历强烈的恒星形成活动时期，期间它每年能产生超过100颗类太阳恒星，而且相应地有很高的超新星爆发率。这种活动，通常是与其他星系的碰撞和并合（类似于我们所设想的宇宙早期暗淡的蓝色原星系之间的交会）而触发的，导致星暴星系比正常星系几十倍至几百倍地高产。巨大的恒星能量释放出来，急剧地改变它们的结构。星暴星系也是一些最明亮的星系，犹如在其中新形成的大部分恒星那样，是强功率和大质量的。

星暴星系和其他本地的活动星系提供了太初第一批恒星如何照亮宇宙的线索。很可能在大爆炸以后的仅仅几亿年之后，宇宙在生产恒星的烈焰猛火中来制造现有的大部分恒星。虽然今天在星系里恒星仍在继续形成，但是它们现在的出生率与标志宇宙早期的惊人焰火表演相比，则显得微不足道了。



美丽的旋涡星系NGC1512。在无数星系中，它是距离我们比较近的，与地球的距离是3000万光年。明亮的星系核有引人注目的环围绕着，环上的新恒星正在雨后春笋般地形成。对NGC1512的研究有助于天文学家了解在相当遥远的、非常年轻的星系内的星暴过程

第7章 | 源自大爆炸的涟漪

为了了解恒星和星系形成，我们不得不面对探究宇宙本身起源和早期演化这一极具挑战性的难题。研究这一难题的学科称为“宇宙学”，它引发了一些最深刻的问题。宇宙在过去某个时候有开端吗？它的年龄多大？它的结构和形状怎样？宇宙未来将怎样继续变化？通过对宇宙最古老的光线进行前所未有的深入研究，天文学家已经为宇宙学中一些最基本的问题提供了激动人心的新视野。

古老的辉光

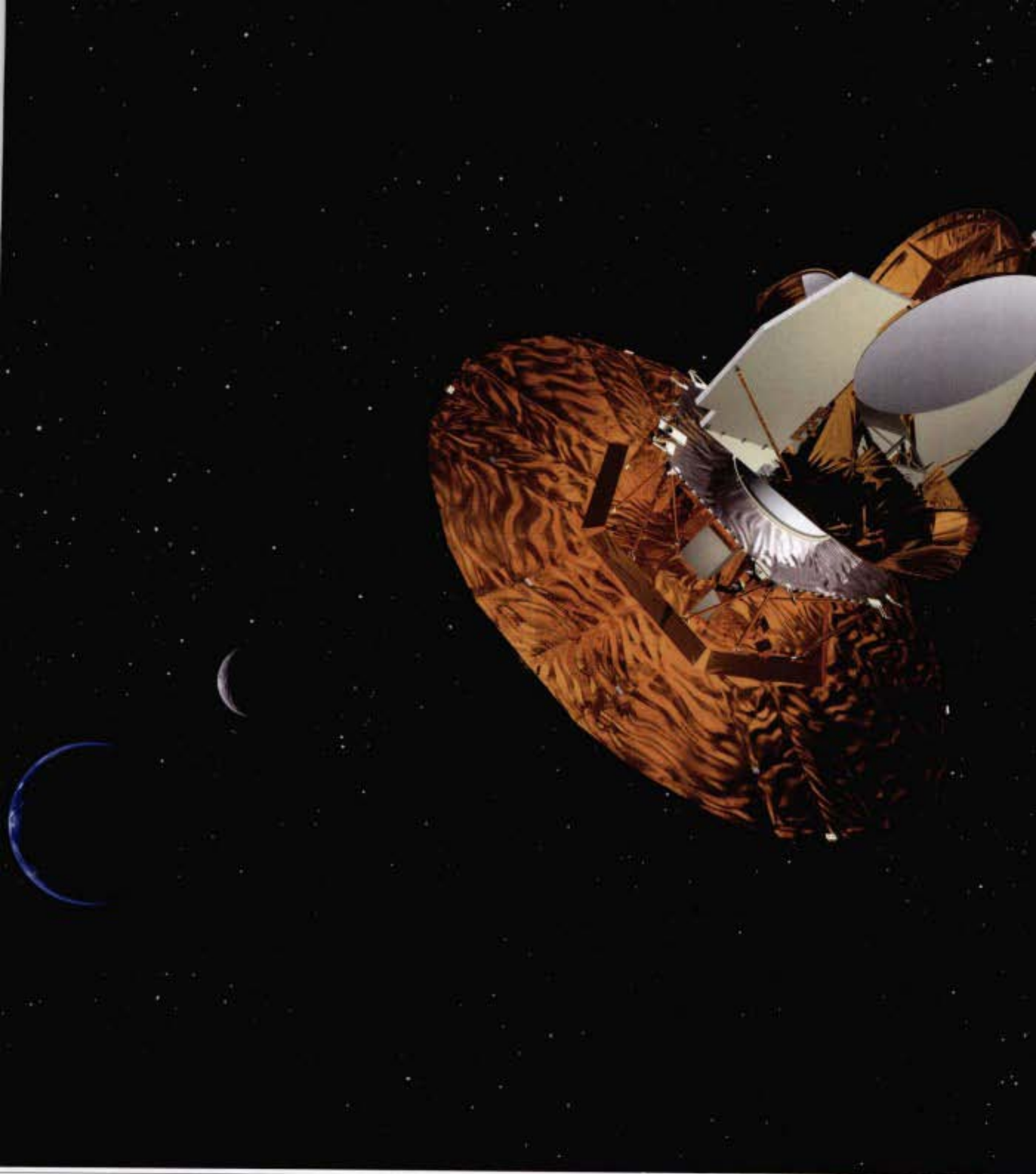
当前关于宇宙起源，所普遍采纳的是“大爆炸”模型。这一宇宙学的图景简而言之就是，宇宙最初从一个极其炽热和稠密的原点开始膨胀，并且这种膨胀今天还在继续。作为这一持续膨胀的结果，宇宙现在已变得远为寒冷和稀薄。20世纪20年代，埃德温·哈勃（Edwin Hubble）发现所有星系都彼此迅速分离；另外，这个理论所预言的诸如氢、氦这类轻元素的原始数量后来被证明是正确的。这些事例都支持了大爆炸宇宙学的观点。

在遥远的过去——很接近宇宙起源的时候，宇宙包裹着极端炽热和非常稠密的亚原子粒子。当宇宙只有现在大小的亿分之一的时候，温度曾经超过 2.7°C （ 5.2°F ）。那时辐射（或称光线）不断地受电子之类的粒子的散射，不能自由穿行或逃逸，就像深陷于浓雾之中。然而在大爆炸开始后的约38万年，宇宙已经充分膨胀并冷却下来，从而使得电子被束缚于氢原子之内。由于不再有无数的自由电子继续散射光线，光子的路径不再受阻，因此光子能够更加自由和直接地穿行。这团“浓雾”已经消散，从此以后宇宙成为透明的了。

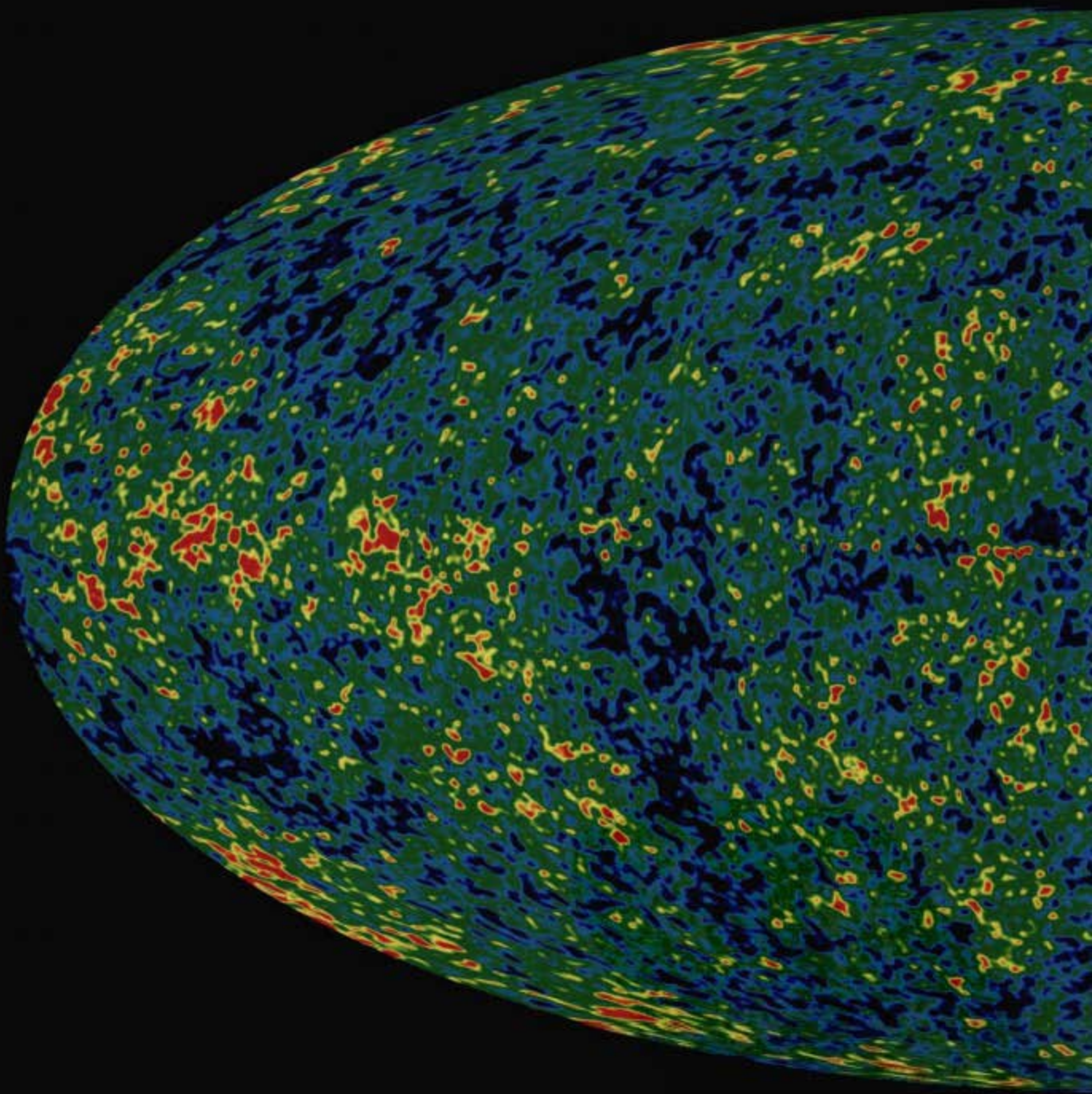
当时释放的辐射今天仍充满宇宙，这称为“宇宙微波背景”。这道大爆炸的余辉是现存最古老的光线，它具有非常重要的意义，因为它携带着幼年宇宙的印记。辐射原先是以 γ 射线的形式释放的，随着宇宙膨胀而冷却，它的能量越来越低，今天我们将其作为微波辐射进行探测。1992年，美国宇航局的宇宙微波背景探测卫星（COBE）精确地测量了这一辐射的温度是 -270°C （ -465°F ，更普遍的说法是 2.73K ）。今天宇宙沉浸在这一片低温辐射中。

幼年宇宙的肖像

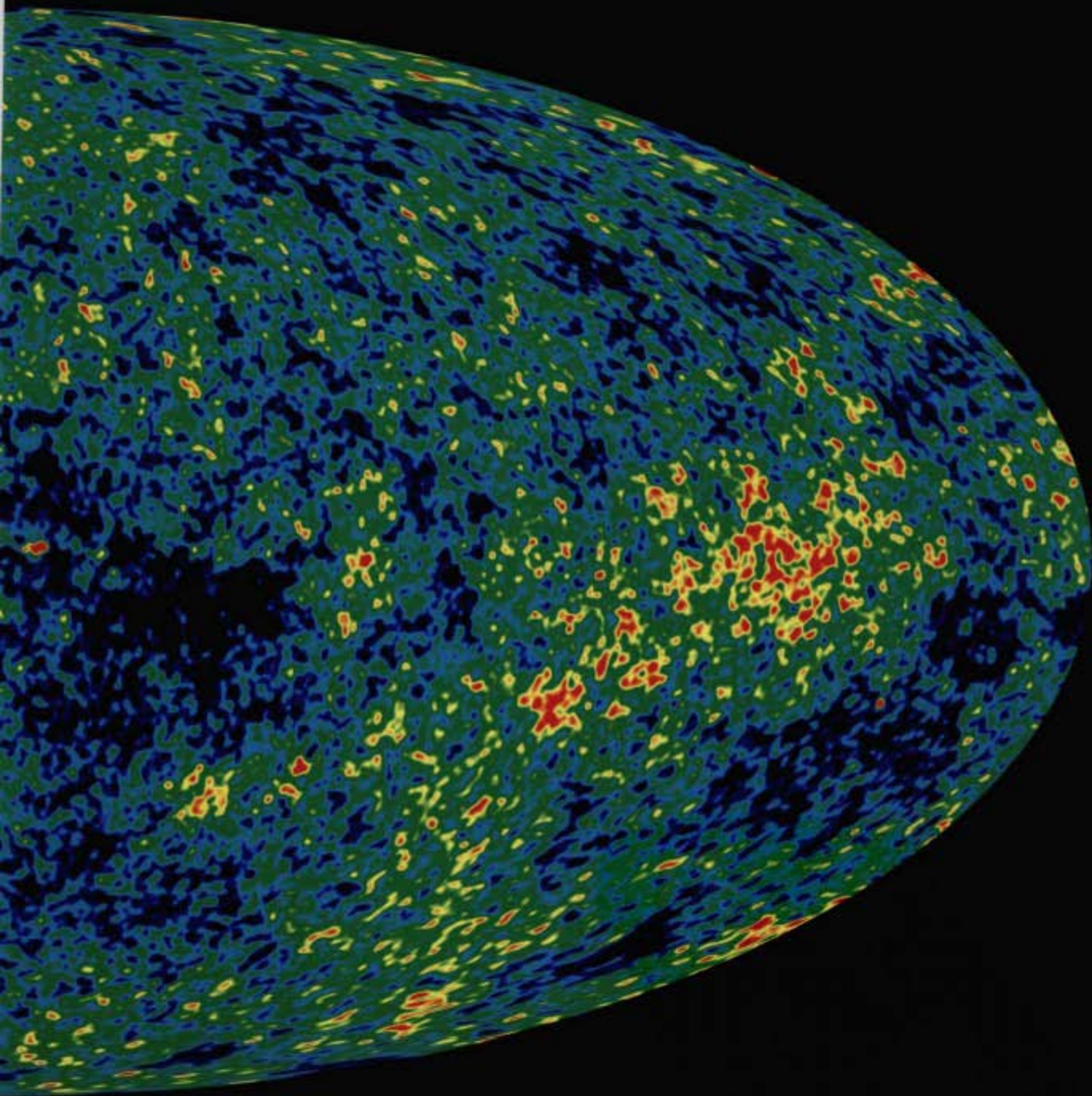
宇宙微波辐射是新诞生宇宙的重要遗存——这相当于考察一位80岁老人



美国宇航局的威尔金森微波各向异性探测卫星离开地月系、在太空150万千米（100万英里）处的假想图。从遥远太空的优越条件来看，这次探测任务将前所未有地深入测量宇宙微波背景辐射



这张由威尔金森微波各向异性探测卫星测绘的微波图是全天高分辨率古代光线图，这些光线是大爆炸后仅38万年发射的。不同的颜色显示微小的温度差异，它反过来反映了大



爆炸后极短暂的时刻各处出现的条件。这张图上的各种图形对应的是成长为星系团的“种子”。这些图形也隐藏着有关于宇宙年龄和几何结构等重要信息的编码

在其诞生时的照片。它也可以看做一个指纹，其中包含着关于早期宇宙成分和条件的信息。为了解读这个指纹，天文学家获取了宇宙微波背景前所未有的最详细、最高分辨率的图像。

美国宇航局于2001年6月30日发射了威尔金森微波各向异性探测卫星（WMAP），计划在3年内对整个天空开展巡天观测，制作微波辐射清晰聚集的测绘图。威尔金森微波各向异性探测卫星在距地球约150万千米（100万英里）的轨道上运行，对背景辐射在温度上的极其细微的差异取得了令人震惊的、详细的探测结果。1992年，宇宙微波背景探测卫星的探测已经检测到了微小的差异，但是威尔金森微波各向异性探测卫星提供了分辨率和灵敏度都远高得多的数据，能够分辨只有百万分之一度的温差。这些温度细微起伏的图样反映了关于产生宇宙大尺度结构种子的信息，从单个星系到广度达几百万光年、包含几千个星系的超星系团。

由威尔金森微波各向异性探测卫星制作的微波图是整个天空的椭圆形投影图，类似于把地球投影在地图上的方式。它包含了几乎在大爆炸之后38万年——在恒星和星系存在之前很久——物质和能量冲击空间的化石记录。那么从这些图我们能对宇宙了解些什么呢？关于宇宙中质量和能量的数量和本质的理论，对于背景辐射中温度起伏的大小和它们在天空的分布进行了专门的预测。威尔金森微波各向异性探测卫星所揭示的“指纹”能够与各种不同理论所作的预测进行比较，以鉴别哪一个符合得最好。

虽然科学家将在未来许多年里仔细分析这些新数据，但已经有了一些惊人的新发现。首先，宇宙现在的年龄已更精确地定为137亿年，而不是原先估计的120亿~140亿年。宇宙微波辐射图像里的光线是偏振的，这意味着它不像寻常光那样在各个方向振荡，它局限于只在一个特定的方向上振荡。这是星光的一种性质，它出现在威尔金森微波各向异性探测卫星的数据中，标志着它是宇宙中第一批恒星释放能量时的特征。看来宇宙中第一代恒星在大爆炸后仅仅2亿年就已经点燃，这比原先的看法要早得多。

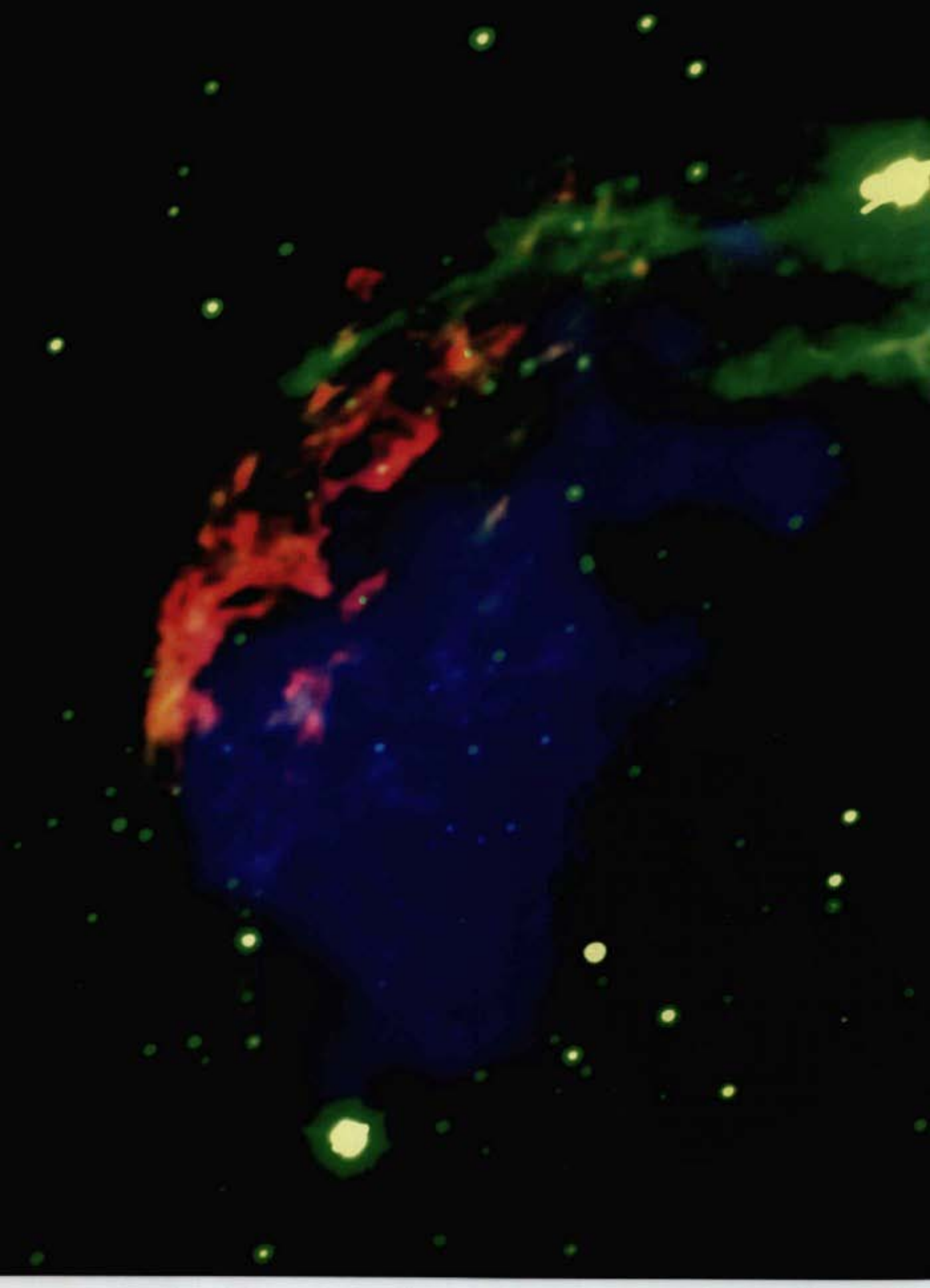
威尔金森微波各向异性探测卫星的数据也揭示了我们确实是由十分稀少的材料构成的！这就是形式为原子的普通物质，它只占宇宙总量的4%，包括以千万亿计的所有恒星和星系。宇宙的其余部分是更加奇特的形式，也就是难以捉摸的“暗物质”和同样神秘莫测的“暗能量”，我们将在本书的后面再来谈它们。这些暗物质和暗能量的成分不发出辐射，不能直接用望远镜观测，不过它们确实有引力作用。看来宇宙的23%由暗物质组成，它具有

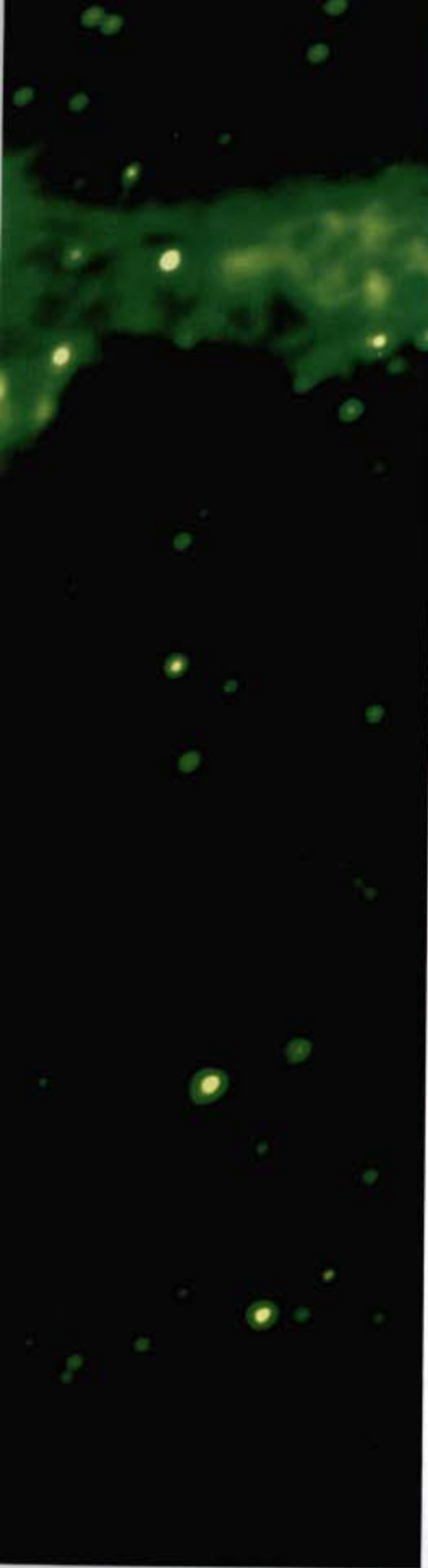
某些奇特的形式，例如称为“弱相互作用大质量粒子”和“轴子”的亚原子基本粒子。更加不可思议的是宇宙中其余的73%，现在认为是由暗能量组成的。没有人实实在在地知道暗能量究竟是什么东西。一种可能性是它起着相当于“反引力”的作用，它的作用是使物体排斥（不同于引力），因而使宇宙加速膨胀。引力把行星、恒星和星系连接在一起，而暗能量则拖拉时空组织。这一奇特的新斥力将推动星系越来越快地分离。暗能量的物理基础有待探索。它不容易与现有的物理理论相容，我们也不知道它从何而来。它可能是在宇宙极早时期产生出来的，那时自然界的其他几种力——诸如引力和核力——正在面世。

宇宙的形状

宇宙的96%是暗能量和暗物质的形式，这一事实直接冲击它的形状和它的终极命运。物质和能量在空间散布的量，确定了宇宙的总形状，这在宇宙学里称为“曲率”。如果宇宙中一切形式的物质和能量的密度大于一个临界值，则空间具有正曲率，就说宇宙是“封闭的”。设想你在封闭的宇宙中向空间投射两束强功率激光，起初平行的激光束最终（经过几十亿光年）将会聚、交叉并返回到它们的起点。相反，如果宇宙中的平均密度小于这一临界值，曲率就是负的，而宇宙则是“开放的”，上面所设想的两束激光在穿越宇宙时将越分越开。最后，如果宇宙的平均密度正好等于临界值，那么我们就有一个零曲率的平直宇宙，这时两束激光即使经过几十亿光年的距离后仍将保持理想的平行状态。威尔金森微波各向异性探测卫星以前所未有的精度测量了宇宙微波辐射中稍热或稍冷区域小于0.2度的微波背景角功率谱，证明了宇宙确实是平直的，即具有零曲率。这一结论的主要意义是宇宙将永远膨胀下去，看来星系将继续彼此分离。然而还有许多不确定性，在这关于宇宙未来的图景中必须说明的一点是暗能量的性质尚属未知。如果由于某种原因暗能量会随时间显著改变，那么它对宇宙演化相应地会起重要影响。

威尔金森微波各向异性探测卫星的探测已经表明，宇宙微波辐射的详细图像能够了解宇宙的性质提供无与伦比的直观资料。毫无疑问，这些研究还有许多方面有待深入。除了威尔金森微波各向异性探测卫星的资料以外，我们还可以寄希望于将要开展的更精密的探测，例如欧洲空间局预定于2007年发射的普朗克号宇宙飞船。它将为我们了解宇宙微波辐射的性质进而更好地了解幼年期宇宙和邻近的宇宙空间提供更加明确无误的资料。



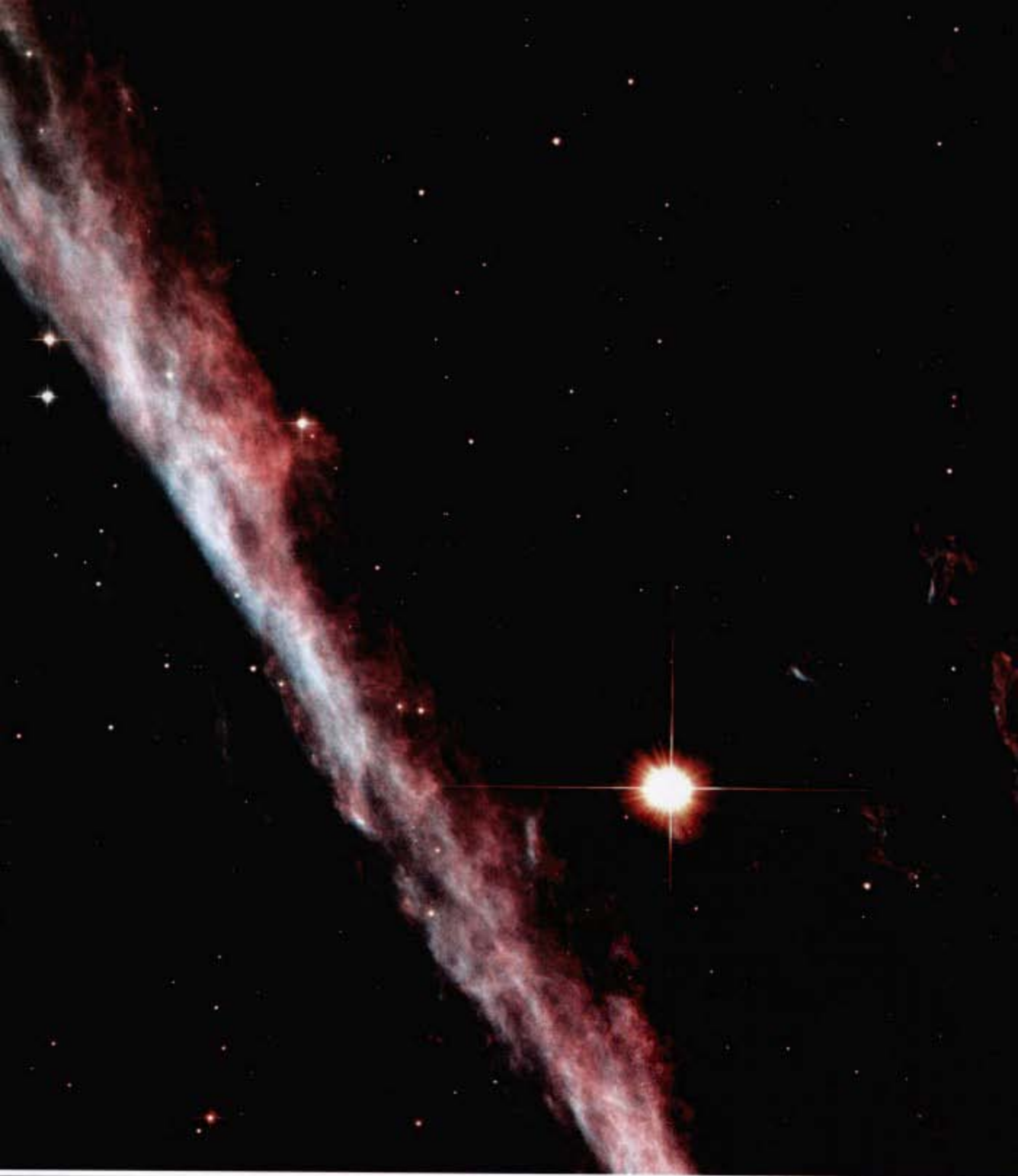


✍ **奔向猛烈的生命最后一刻：**从名为HD192163的大质量恒星发出的强烈星风镌刻出这个巨大的气壳。这颗明亮的恒星在经过它的物质大量外逸和比较短暂的生涯之后，将作为超新星爆发，它的年龄大约是太阳的千分之一

第 3 篇

宇宙焰火





这是笔状星云的图像，展示了在大约11000年前一颗大质量恒星以超新星形式爆发后的纤维状遗迹。爆发中喷射的激波极其猛烈，以至于笔状星云中的气体今天仍以超过每小时64.5万千米（每小时40万英里）的速度移动



在晴朗的夜晚凝视天空，宇宙显得平静而安宁，这实在是距离太过遥远、宇宙尺度巨大造成的幻景。在本章我们将会看到，事实上由于有大量物质和巨大的力量参与的非常强烈的事件，宇宙无时无刻不在改变形态。从我们在自家后院就能看到的太阳出发，科学家们持续不断地监测强烈的耀斑和巨大的太阳爆发，它们能冲击地球大气，造成偶发事件。确实，恒星生命史中最后几幕的表演是壮烈的爆发和抛掷出炽热气体构成的巨大壳层，把孕育生命的星尘撒向太空。通过巨型望远镜的观测，我们也能摄取清晰的快照，显示星系猛烈的碰撞正在产生巨大的物质流和触发新恒星的爆发性形成。到银河系中心的游历把我们从惊人爆发和高能辐射带到大约300万太阳质量的黑洞。这类特大质量黑洞是神秘的、称为“类星体”的活动星系核之所以大量喷射物质的中央发动机，类星体可见于宇宙的外围。新近在可见光以外各波段上对强大的能量释放的研究，推进了我们对所有这些高能现象的了解，尤其是X射线天文学——诸如美国宇航局的钱德拉卫星等的空间观测，近来更让我们大开眼界，领略了宇宙焰火表演的清晰景象。

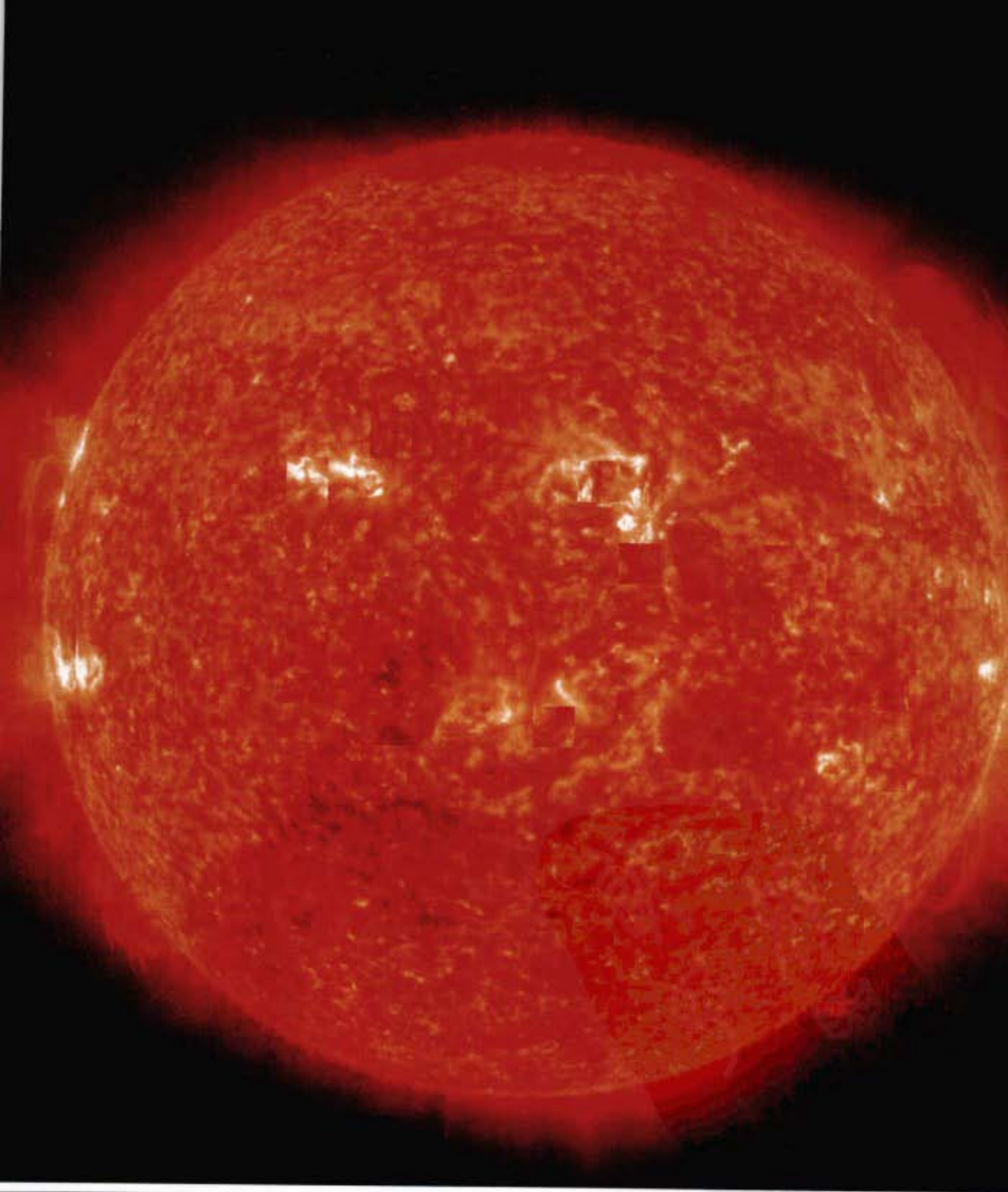
第8章 | 太阳爆发

从地球看去，太阳显得沉稳而安详，发出连绵的热流和光流。然而，它是一个激烈动荡、充满惊涛骇浪的地方，能激烈地爆发、发出高能的外流，从而对地球产生显著影响。从1.5亿千米（9300万英里）的距离上去观测，太阳不失为一颗我们能最详尽、最精细地去研究的唯一一颗恒星。最新的仪器能够检测并辨析太阳炽热气体复杂的环形结构和尺度只有几百千米的气泡。对于太阳及其活动的这类精密研究，不仅为我们就一般地了解恒星性质提供了一个必需的平台，而且也让科学家能够报告并最终预测地球周围局部空间环境中的条件。这些周围的情况，称为“空间气象”。

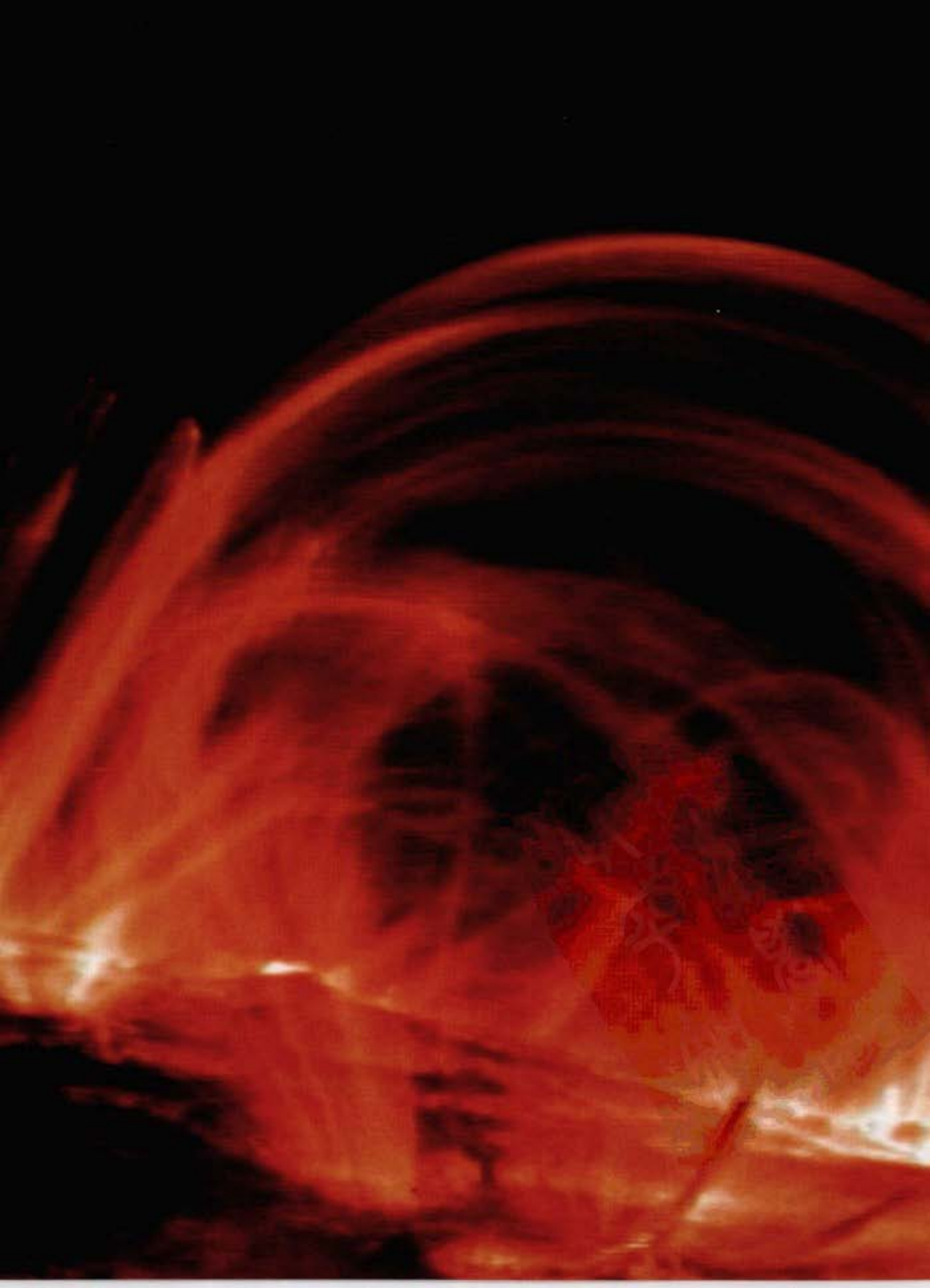
与任何一颗普通恒星一样，太阳是一巨大的热核反应堆。供给太阳照耀的能量是由太阳熔炉般的核心里进行的氢核向氦的聚变反应所产生的，太阳核心的大小约为太阳半径的1/5。在太阳核心里，气体受到的压力相当于2000亿个地球大气压，温度高达骇人听闻的1500万°C（6000万°F）。在这个核坩埚里释放的能量由高能光子向外输送，它们与太阳核心周围各层里的气体连续碰撞。这些光子并不到达称为“光球”的太阳最外层；一旦光子到达光球层，它们就作为可见（白）光而散逸。光球的温度是5700°C（10300°F），它是我们从地球上看到的太阳主要表面层。

活动周期

强烈的太阳活动是零星发生的，通常表现为各种瞬息万变现象的瞬间形态。这些暂现事件包括太阳黑子、耀斑爆发和巨型爆发，它们带走大量称为“等离子体”的电离气体。这现象并非总是出现的，而是发生在“太阳周”内，它与太阳磁的特性紧密相关。磁力线穿透诸如光球层的太阳上层，并由于太阳的各部分以不同的速率自转而在几年时间里紧紧缠绕起来。自转速度的这种分布是至关重要的。与地球这种固态的类地行星不同，太阳是一个巨大的气体球，它的自转在赤道上比在两极更快。由于气体在赤道上环绕太阳更快，它拉着磁力线使之缠绕和绞结起来；磁力线扭曲和缠绕得越厉害，太阳活动就变得越剧烈。太阳活动的周期是11年，在此期间太阳磁场从简单的非缠绕态（这时太阳异乎寻常地不活动）到高度扭结的态势（这时太阳活动



由SOHO（太阳和太阳风层天文台）拍摄的太阳活动像，显示稠密荷电气体的宽阔的弧形。这称为“日珥”，这些具有强烈活动的结构通过强磁场悬挂在太阳稀薄的日冕上





最剧烈），然后恢复到平静状态。最近一个活动高峰是在2000～2001年，现在（2007年前后）跌落到低谷。

过去几年里，一系列卫星和望远镜为太阳上急风暴雨般的事件提供了令人叹为观止的新图像。一个好的例子是SOHO，即太阳和太阳风层天文台，它由欧洲空间局和美国宇航局联合管理。它于1995年12月2日发射，占据着观测太阳永远有利的位置，距离地球约150万千米（93万英里），约4倍于地球与月球之间的距离。太阳和太阳风层天文台正在前所未有地深入观测太阳，为人们提供太阳外层和吹向整个太阳系的等离子体流的激动人心的新景象。

黑子和耀斑

通常太阳急剧活动的初始征兆是在其表面（即光球）上出现暗黑的斑点。这些地球般大小的斑点称为“黑子”，它们在太阳四处留驻几天或几星期，随太阳旋转。它们之所以显得暗黑，是因为它们比周围光球层的温度更低，约为3000°C（5400°F）。它们本质上是磁场很强的区域，这把许多能量固结在局部面积内，并导致其温度降低。太阳黑子通常成群地产生，能持续几周甚至几个月。近来，设于加那利群岛拉帕尔马的瑞典真空太阳望远镜获得了太阳黑子非凡的近镜头特

☞ 这张由TRACE卫星（太阳过渡区与日冕探测器）拍摄の詳細图像显示带电又令人难以置信的炽热的气体喷泉从太阳上喷涌而起。气体的环状结构进入日冕，延展范围达48万千米（30万英里），其底部的跨度相当于30个地球的大小

写像。这些高度清晰的像清楚地揭示了磁场活动和黑子的详细特征，包括暗黑的小孔和错综复杂的线状结构。

突出的大黑子群往往伴随着耀斑，它是太阳上最剧烈的爆发现象。耀斑表现为明亮的爆发性斑块，当黑子附近积聚起来的磁能在几分钟之内加热到几百万度时便发生了。单个耀斑释放的能量相当于10亿吨TNT炸药，并以多种形式爆发出来，包括X射线、 γ 射线、电子和质子之类的高能粒子和气体外流。太阳耀斑按其中出现的X射线的亮度分类，最大和最强烈的耀斑标为X级，只及X级耀斑辐射1/10的称为M级，最微弱的类型为C级。在太阳活动期间，X级的耀斑每年可能发生几次。

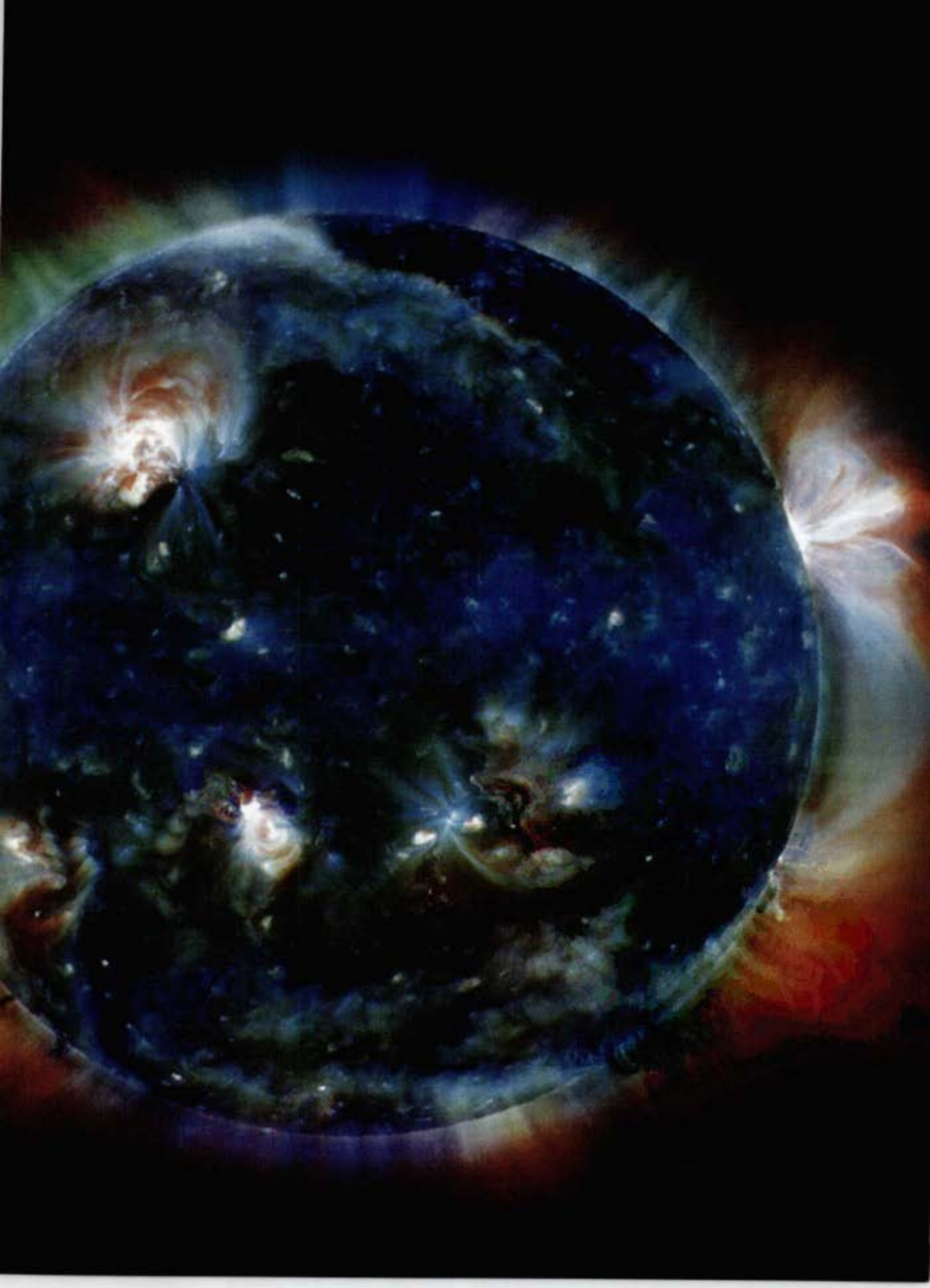
2003年10月28日，人们记录到了在过去50年内在太阳上爆发的最强烈的X级耀斑。虽然地球磁场像盾牌一样遮挡了辐射和高能等离子体的最有害的影响，但是继发的磁暴在不到一天之后就冲击地球，表现为在夜晚出现美丽的极光，即五光十色的纤维状天幕。磁暴导致横贯美国和加拿大的电网产生电涌，并干扰了作为电话交换器的通信卫星的功能。很高的辐射水平也对在国际空间站里工作的航天员产生了威胁。

巨泡和困扰

太阳上最大的耀斑通常会触发惊人的物质抛射，高速冲向太阳系空间。这称为“日冕物质抛射”（即CME），是巨大的气泡状的超热气体暴。诸如太阳和太阳风层天文台这样的空间探测器，通过跟踪这些巨大气泡的膨胀和从太阳上的升起过程，正在提供它们惊人的新图景，并深入到太阳爆发的本质。每次爆发的特点是释放几乎1000亿千克（2200亿磅）极端炽热的太阳等离子体，它们以每小时160万千米（每小时100万英里）的速度快速地冲离太阳。这些带电气体的巨大气泡膨胀到超过太阳本身大小，如果它们的路径与地球轨道相交，它们携带的能量可能是一种危险。1997年1月6日，从太阳喷发的日冕物质抛射在4天后冲击

☞ 剧烈活动的太阳上的明亮耀斑，由太阳和太阳风层天文台在紫外光波段上拍摄。耀斑爆发利用大量磁能，把物质以每小时几百万千米的速度抛入太空





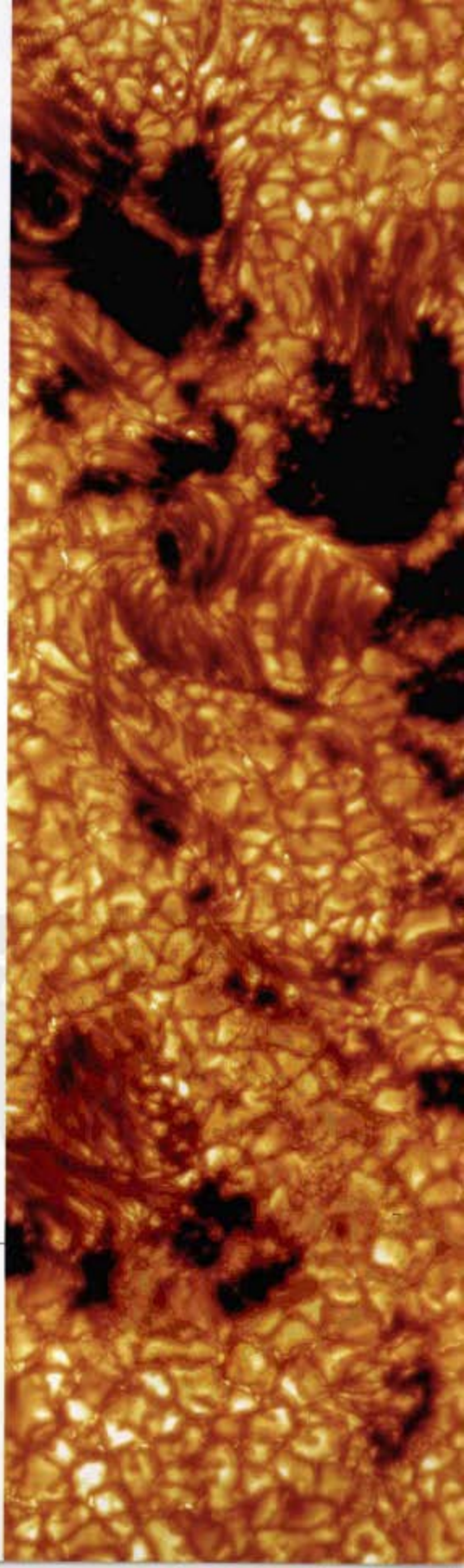
地球，对一个刚刚入轨的新通讯卫星造成了永久的损害。强烈的辐射和等离子体烧毁了复杂的电路，并使整个卫星瘫痪，导致整个北美电视失去信号。在接近11年的太阳活动周的峰期时，日冕物质抛射是最频繁的时候，会在地球大气里倾注大量有害的电荷。

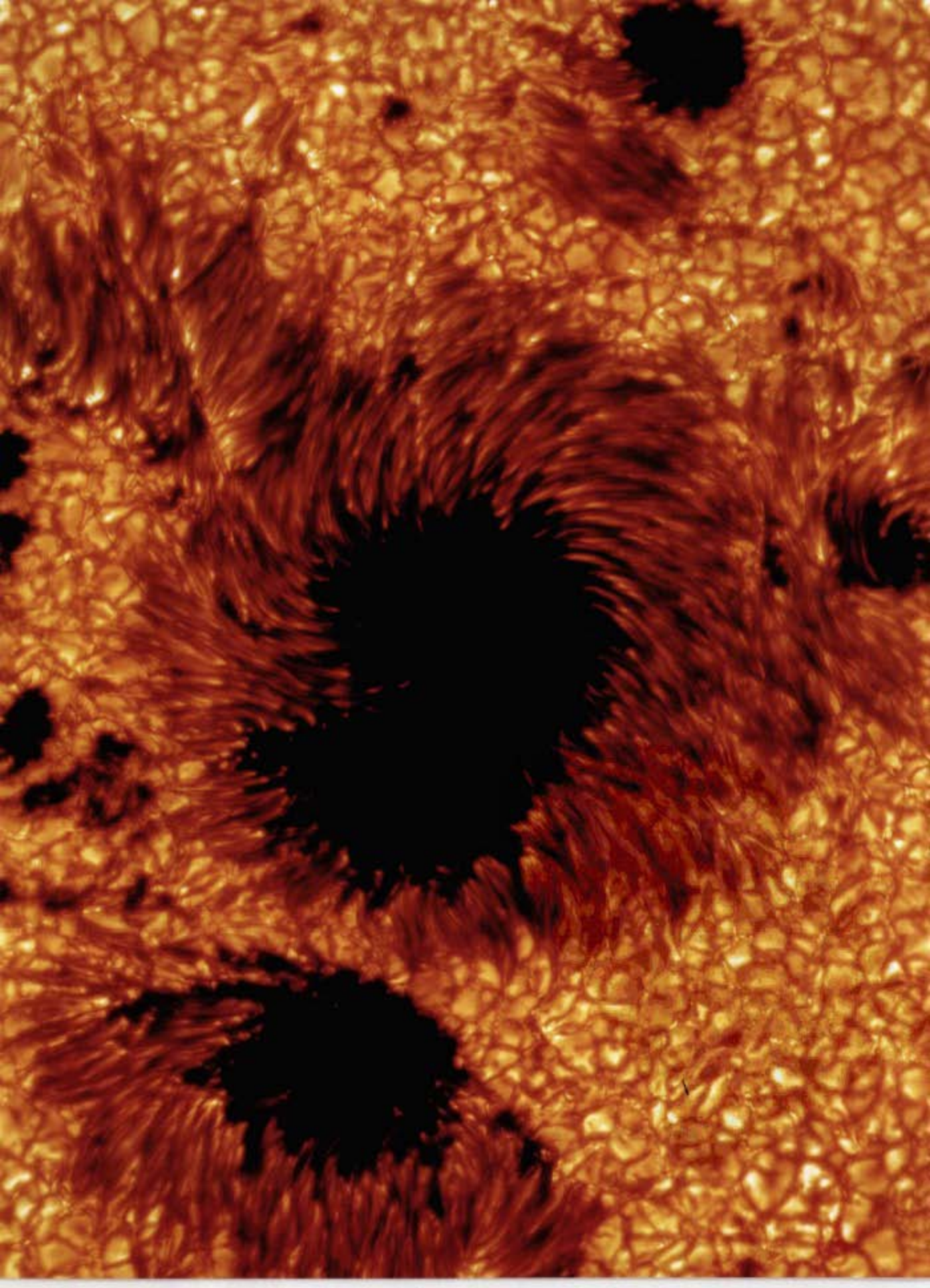
由于我们极度依赖通信卫星和电力供应，因此必须对日冕物质抛射或出自强烈耀斑的物质来袭预先提出警报。现在科学家应用设在卫星（比如太阳和太阳风层天文台）上的望远镜，连续不断地监测太阳上的情况。在太阳磁暴正在逼近时发出这种预警，安全地关闭敏感的元件和计算机，这样能使卫星得到保护。以这种方式监测空间气象对于保障航天员和高空飞行员的安全也是至关重要的。

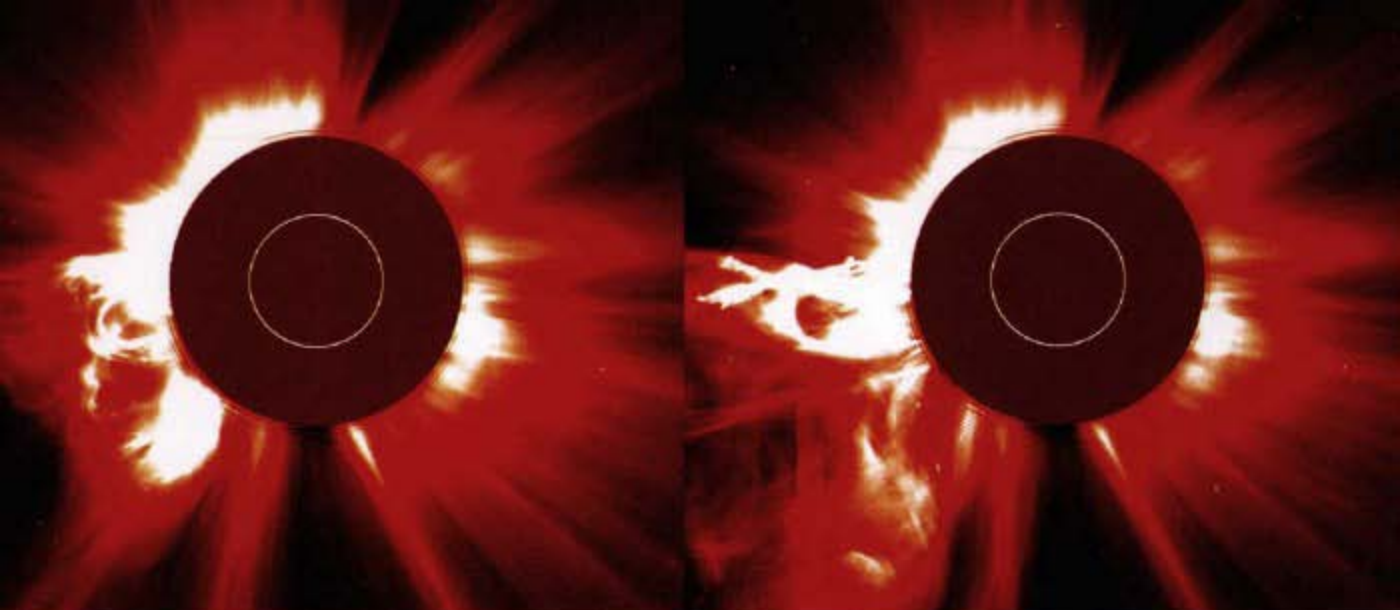
太阳表面的气流和波动

对于太阳表面（光球）上不断变化和剧烈扰动的条件，人们正在源源不断地获得数据，这转而有助于我们了解太阳内部区域的结构和性质，而那是永远不能直接观测到的。太阳表面是一只盛满 6000°C （ 10800°F ）高温等离子体的湍动、沸腾的大锅，主要由于太阳自转，带动赤道区域以大约每秒2000米（每秒6500英尺）的速度绕转，使得太阳表面永无止息地运动。由于容纳了来自内部的上升热气体，太阳具有斑斑驳驳、米粒密布的外表。这种“对流

迄今为止最详细的太阳像，于2002年7月由瑞典太阳望远镜拍摄。中央最暗黑的区域是行星般大小的黑子的本影，它由复杂的线状结构包围着。这种前所未见的、仅仅100千米（60英里）的小规模特征显示了太阳上层的湍流







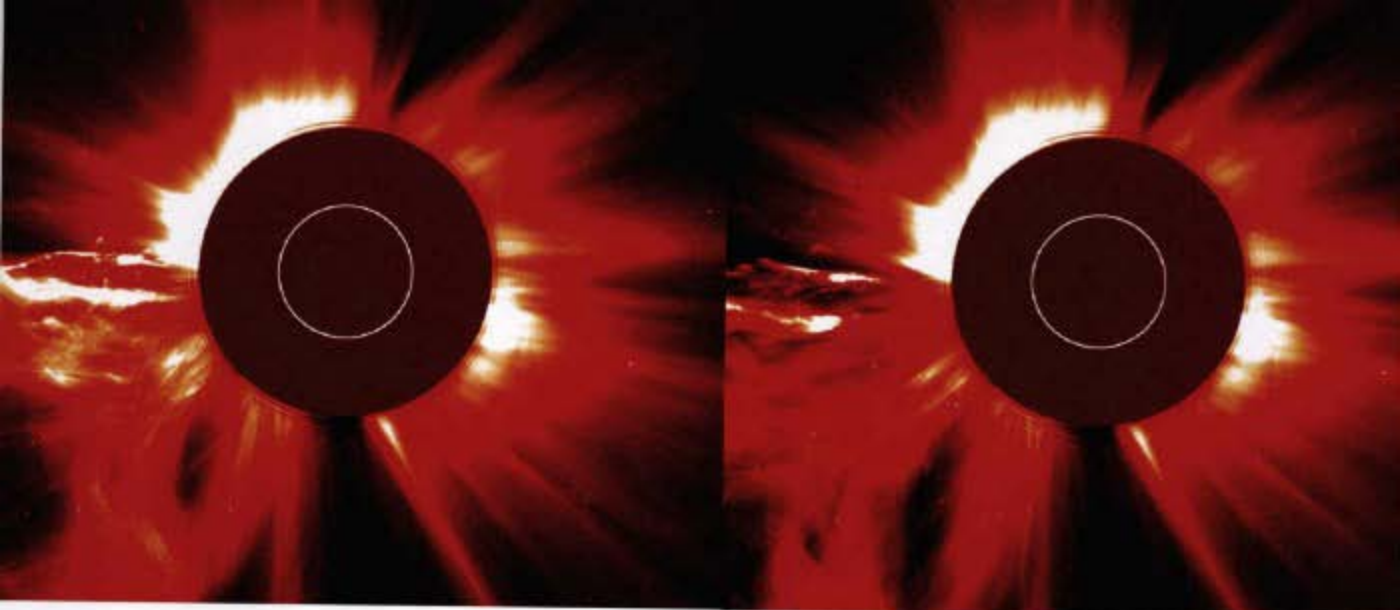
✎ 从左至右，是持续两小时的系列图像，展示太阳上巨大的日冕物质抛射的爆发。几十亿吨的荷电气体抛射到太阳系空间。这次日冕物质抛射事件没有冲向地球

运动”以两种主要的尺度进行：一种是由大的气浪所形成的米粒组织，其典型大小是1000千米（600英里），寿命5 ~ 10分钟，随后它们被来自内层的新物质取代；另一种是“超米粒”组织，直径达2万千米（12500英里），持续10 ~ 20小时。这两类米粒组织形成了太阳正常表面的主要部分，这就是我们日常所见的太阳。

太阳的另一个特点是它连续地脉动，它表面的斑片以约5分钟为周期上下振荡。这种振荡是由声波驱动的，产生于太阳表面下深处的压力。压力产生的波和振荡频率能用于探测太阳内部，方法如同地质学家用地震波了解地核一样。这项研究称为“日震学”，它帮助我们揭示太阳内部区域的温度和结构，而且这项技术也能推广应用于研究其他恒星的内部。

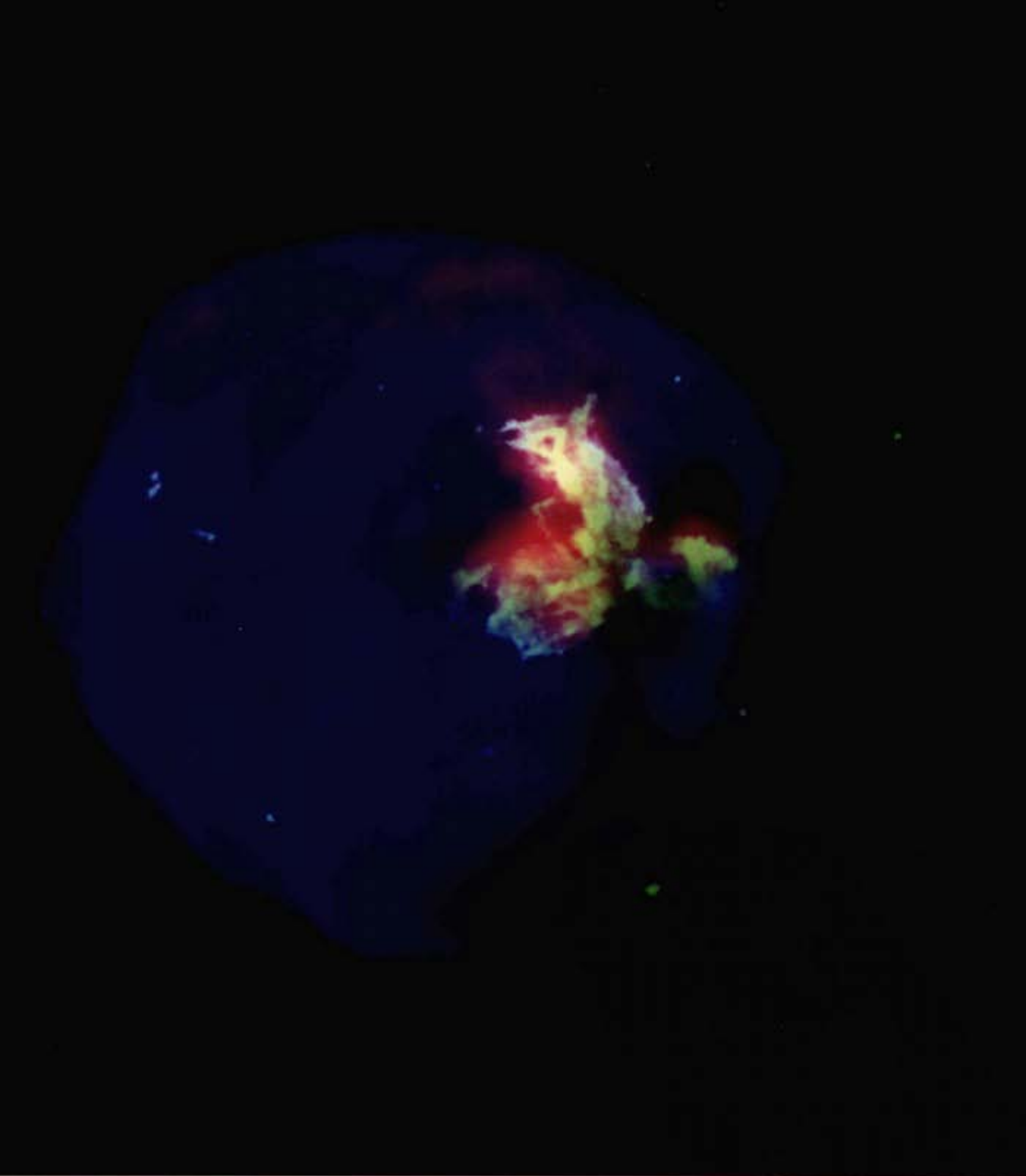
气候变化

近来，科学家提出太阳亮度的长期变化会对整个地球的温度产生适度影响，与汽车和工厂排放二氧化碳对地球温度产生的影响大致相当。从对树木年轮和古代冰河的冰层的研究，人们得出了关于地球温度与太阳活动的长期变化之间微妙的历史联系。科学家们发现了一种与“小冰期”有关的奇怪的联系，之所以这么称呼，是因为在13世纪初期地球温度有明显的下降，温度下降到低于长期平均值之下的2°C（35.6°F），直到18世纪都没有回升。这个“小冰期”的时期，也相应于太阳活动（包括黑子）都明显低落的异常时期。



导致气候变化的另一个重要因素可能是太阳辐射方式的变化影响了地球的臭氧层。臭氧在大气中自然生成，它保护地球上的生命免受太阳有害的紫外辐射。太阳上包括耀斑和日冕物质抛射在内的强烈活动时期延长，其影响将是大量的荷电粒子轰击地球上层大气。较大流量的粒子将破坏诸如氮之类的气体分子，然后它们的原子将破坏臭氧分子，从而使遮蔽地球的臭氧层变薄。大面积变薄或消失的臭氧层将把地球上的生物暴露在过量的紫外辐射之下。

太阳发射的能量也直接和间接地驱动地球上的风和云。太阳的热量在地球上产生温差，从而导致气压差，使得空气从高压区向低压区流动，这就产生了风。此外，强大的太阳磁场保护整个太阳系免受宇宙射线——一种在太空中穿行的高能粒子——的危害。太阳活动的长期低落也意味着磁场保护作用的力度下降，大量的宇宙射线难免不进入地球大气。最新的卫星数据显示了到达地球的宇宙射线的量与低层云分布之间的相关性。宇宙射线长时期的增加将减少云的覆盖，从而导致到达地表的太阳辐射增加，这将导致全球气温的上升。



从大质量恒星毁灭后产生的壳层里发出的X射线的辉光。2000余年前超新星爆发产生的强大激波把恒星物质加热到1000万℃（1800万°F）以上。由钱德拉卫星拍摄的X射线像与光学像（绿色）、射电像（红色）的合成像，为这一宇宙的激烈场景提供了独一无二的视点

第9章 | 恒星的死亡过程

夜空中的恒星和星座看起来似乎在有记载的人类历史时期之内几乎丝毫未变，但是恒星并非永恒的。我们已在前面的章节中介绍了恒星是在巨大的气体尘埃云内孕育生成的。恒星产生之后，随后是活跃的生命活动和最终的死亡。恒星死亡是一个跨度达几十亿年的故事的终结，是现代天文学最引人入胜的课题之一。恒星的产生一般来说是一个有序的过程，然而它们的死亡可能会是极其剧烈和灾难性的。恒星演出的最后几幕不仅场面十分壮观，而且从根本上讲是非常重要的过程，星系由此而丰富着对生命至关重要的化学元素。在恒星的一生中，它的物理状态将经历许多改变，其中一些尚不为人知，因而天文学家正在努力去获得关于这些演化过程的更充分的知识。

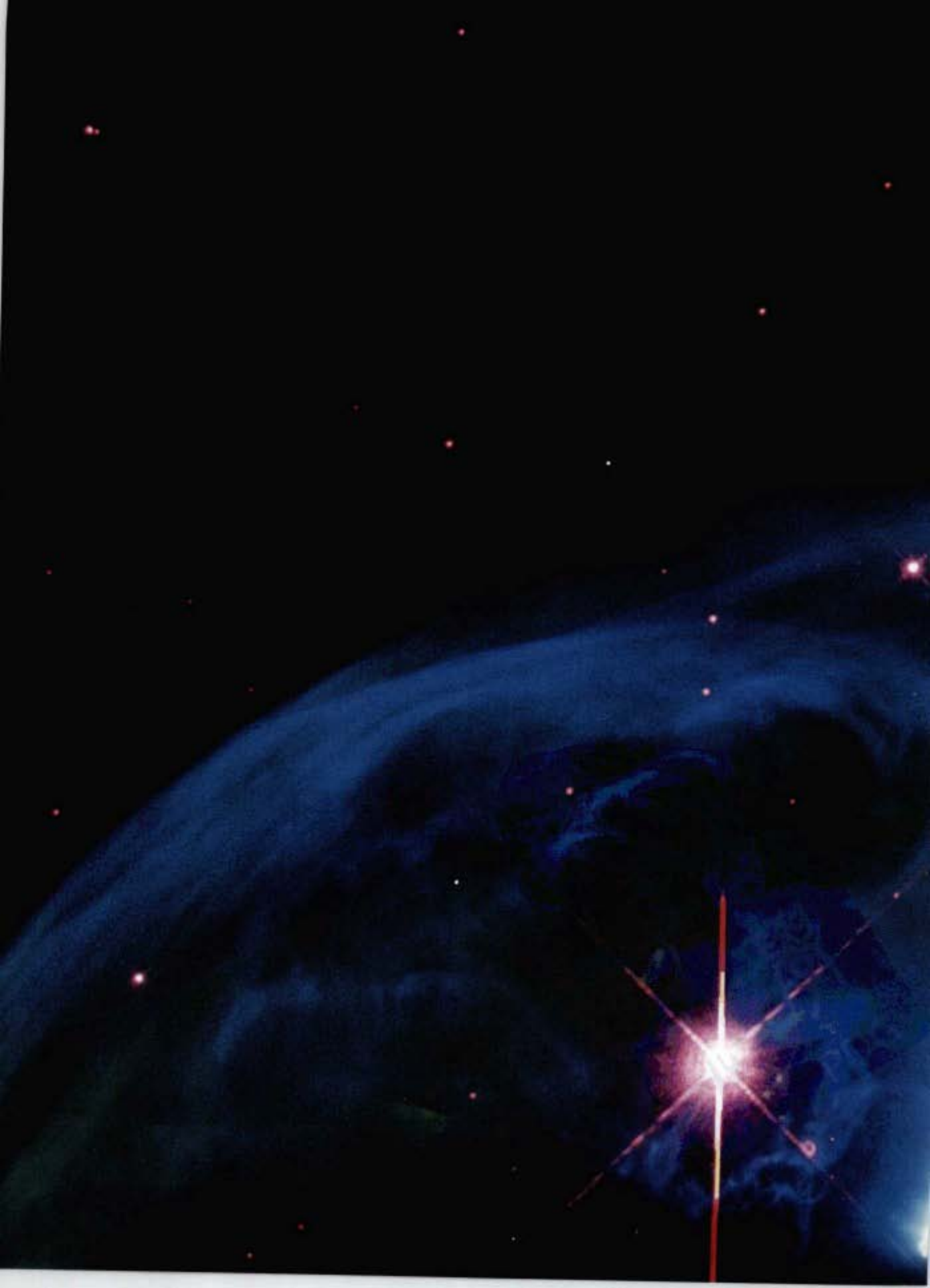
恒星内的引力力图使恒星坍缩，而来自恒星内部炽热气体的压力则产生反作用力支撑恒星，恒星生命的特征就是引力与压力之间的抗衡。恒星一生中最稳定的阶段是称为“主序星”的时期，这时引力与压力达到平衡。我们的太阳正处于这个阶段，我们在地球上很幸运，太阳将这样持续另一个50亿年。

支撑恒星的内部热量和辐射是由其核心的核反应提供的。有许多不同而复杂的、可能的核反应，但是在稳定的类太阳恒星内发生的核反应是氢核聚变成为氦。然而，一颗恒星终将耗尽其核心的氢燃料补给，随后其他一些合适的元素也聚变产能，但也意味着最终不再有任何热源反作用于引力。一个剧烈变动的时期将随之而来，最近几年天文学家用光力强大的望远镜拍摄了一些这类处于惊心动魄阶段的恒星的美丽照片。

壳层和巨泡

恒星遵循的演化途径，尤其是当它的核聚变能源耗尽后所发生的事件，与它产生时有多大质量密切相关。一颗像太阳这样的“轻量级”恒星，将按

☞ 这张泡状星云的图像以惊人的清晰度展示了从一颗40倍于太阳质量的恒星上抛射炽热气体的景象。明亮的中央恒星正在驱动猛烈的星风，使之速度达每小时700万千米（每小时400万英里）。由于来自大质量恒星的快速星风作用于更加稠密但移动较慢的前方物质，被抛射的气体便形成了一个跨径达6光年的巨泡







哈勃空间望远镜拍摄了这些惊心动魄的图像，追踪爆发恒星麒麟V838以前抛射的一系列尘埃壳层。从这颗奇异恒星发出的闪光向太空扩散，并被周围不同的壳层反射。在8个月的时间里，从左到右，这些被照亮的结构直径从4光年扩展到7光年。每张像中心的红星是麒麟V838，位于距离地球约2万光年处

照外层极度膨胀并转化为一颗红巨星的途径演化。这将在从现在算起的约50亿年后发生，那时太阳将向外膨胀吞噬水星，甚至可能还包括金星。在整个已烤焦的地球的天空上，这个成为红巨星的太阳的张角将达到 60° 。

在红巨星阶段，恒星丢失壳层外部的大部分，它们被来自恒星内部区域的辐射抛掷出去。麒麟V838是一颗老年恒星，位于约2万光年远处，不久前哈勃空间望远镜发现了它周围壳层过去叹为观止的膨胀历史。2002年1月，这颗恒星出人预料地发射大量光能，它就像照相闪光一般迅速向太空传播，所到之处照亮了原先不可见的周围的尘埃壳层，它标志着麒麟V838早先的历史。这一举世无双、摄人心魄的场景，揭示了当壳层膨胀到巨大尺度时其结构的细节。

最后，所有类太阳恒星都会失去它们整个外部气体包层。这一抛射现象让恒星只留下了由碳组成的、赤裸裸的核心，并压缩到只有地球大小。这种恒星称为白矮星，由这种原先十分炽热的核心发出的辐射照亮了被推开的气体云，产生称为“行星状星云”的扣人心弦的结构。行星状星云看上去像一块松饼或一个烟圈，它是诸如太阳这类小质量恒星死亡的标志。实际上它是恒星幽灵般的遗存。太空中记录的一些最美丽的景象原来就是行星状星云。



一个很好的例子是由哈勃空间望远镜拍摄的螺旋星云。它位于宝瓶座，距离约650光年。这个星云看去色彩缤纷，令人眼花缭乱，它的跨径约3光年，红蓝相间的发光气体展示彗星状的纤维结构，指向正在死亡的炽热的中央白矮星。从白矮星吹出的炽热气体形成迅疾的星风，这个螺旋形是由星风与原先抛出的、较冷的气体尘埃壳层的相互复杂作用镌刻而成。像这类令人赞叹的图像，足以让天文学家揭开银河系里恒星生命最后阶段的神秘面纱。当前，天文学家面临的挑战是弄明白为什么如此多种多样的形状和结构会出现在不同的行星状星云里。典型的行星状星云的形状有几乎完美的圆形、夺人眼目的蝴蝶形，有些行星状星云呈玩具风车状或具有旋涡形特征，其他的行星状星云则具有重叠的同心环。形状与圆形最为迥异的行星状星云，可能是由所谓的“双星系统”中的一颗恒星死亡所造成的。

人们已在银河系中论证出1500个行星状星云。平均说来，每年有一个新星云面世。行星状星云是我们了解辐射与物质之间相互作用的超级实验室。极其炽热的中央恒星发出的辐射，经过了包含固态、分子和原子物质的星云的处理。





哈勃空间望远镜以极高的灵敏度和分辨率，拍摄了名为螺旋星云的行星状星云的复杂细节。气体被从这个发光的、光年级大小的星云抛出，标志一颗类太阳恒星生命的终结。在星云的中心，可以看到处于白矮星阶段的、死亡中的恒星

爆炸的产物

在形成时质量高达10 ~ 100倍于太阳的恒星，会以远为惊人、剧烈的方式暴卒。银河系内大约有千分之一的恒星是这一等级的，以比太阳远大得多的速率消耗着用于聚变的核燃料资源，维持可观的功率输出。在这种加速演化的进程中，这些庞大的恒星会经历非常猛烈和爆发性的阶段。由于它们的质量很大，恒星内部区域的强烈辐射会推进到上层，使得整个恒星高度不稳定，并迫使大量物质抛射出去。就质量最大的恒星来说，这些庞然大物能够在单次抛射中喷出10倍于整个太阳质量的物质。名为沃尔夫-拉叶124的大质量恒星周围的焰火表演，就是这种瞬变事件惊心动魄的实例。巨大的气体云块以超过每小时16万千米（每小时10万英里）的速度抛射出去，引发了极其猛烈的星风，并在其周围形成了团块状和纤维状的星云。诸如沃尔夫-拉叶124这样的恒星是高度不稳定的，并在仅仅几百万年之内就迅速进入最灾难性的结局。

大质量恒星能够继续核聚变反应，并从连续的重元素反应中提取能量，这些元素包括碳、氧、氦、硅等，直到星核最终全部由铁组成。铁是核物质最稳定的元素，不可能由它聚变成更重的元素并提取能量。中心的铁核一旦形成，大质量恒星将不再能产生热量去平衡引力，这时就注定要毁灭了。恒星迅速地坍缩，导致超新星爆发，经过几十亿年演化的恒星随即于几秒钟之内毁灭。大质量恒星的整个外壳，以每小时2.5亿千米（每小时1.55亿英里）的速度向坚硬的铁核坍缩，与铁核碰撞之后的猛烈反弹产生了向外的激波。这个狂飙把星核周围的全

蟹状星云的X射线像（蓝色）和光学像（红色）的合成像，它是1054年中国天文学家记录的超新星爆发的遗迹。这张卓越的图像显示高速自转的中子星周围高度湍动的环境。气体的亮条正以光速一半的速度被抛掷出去





部恒星物质猛烈推向太空，速度超过每小时3600万千米（每秒1万千米，或每小时2200万英里）。

超新星爆发是宇宙中最剧烈的事件，每次释放的能量超过了太阳将在其整个100亿年的生涯中所辐射的全部能量的100倍。单个爆发中的超新星能在几星期内保持相当于包含上百亿颗恒星的星云的亮度。那么在恒星毁灭的最后一幕之后留下了什么呢？如果恒星原先（诞生时）的质量是10 ~ 20倍于太阳质量，那么铁核将压缩成为一个奇特的中子球，直径大约10千米（6英里），成为中子星，也就是我们在地球上常常探测到的“脉冲星”。之所以称为脉冲星，是因为它们发射射电波的脉冲。然而，如果恒星在形成时的质量更大，那么引力最终将占上风，恒星核将坍缩形成一种称为黑洞的神秘天体。我们将在后面的章节介绍黑洞的奇异性质。

遗留的一切物质是生命的原料

超新星爆发后遗留的残骸形成炽热和湍动的星云，称为“超新星遗迹”。人们根据美国宇航局钱德拉空间天文台拍摄的新图像，通过研究分析X射线波段的高能气体和坍缩中子星周围的剧烈扰动的环境，正在获得关于超新星遗迹的极有价值的信息。相互缠绕的圆圈、纤维和壳层纠结在一起，包含丰富的化学元素，包括氧、氮和铁等。这些元素起初是在恒星内部作为核聚变的结果而产生的，对于已知生命的发展至关重要。生命所依赖的这些化学元素，只能在大质量恒星的核心内产生。源自远古各个超新星的喷射物在几十上百亿年间飘散在银河系内，在巨分子云内撒播种子，我们的太阳系正是于50亿年前从其中形成的。我们的身体和地球本身都是由这些星尘组成。来自超新星爆发的残留物，作为宇宙物质大循环的一部分，也为下一代恒星的形成提供了原材料。

☞ 这是几千年前大质量恒星在作为超新星毁灭后遗留的虚无飘渺的气体
和尘埃，它称为N49，位于剑鱼座，距离地球约15万光年

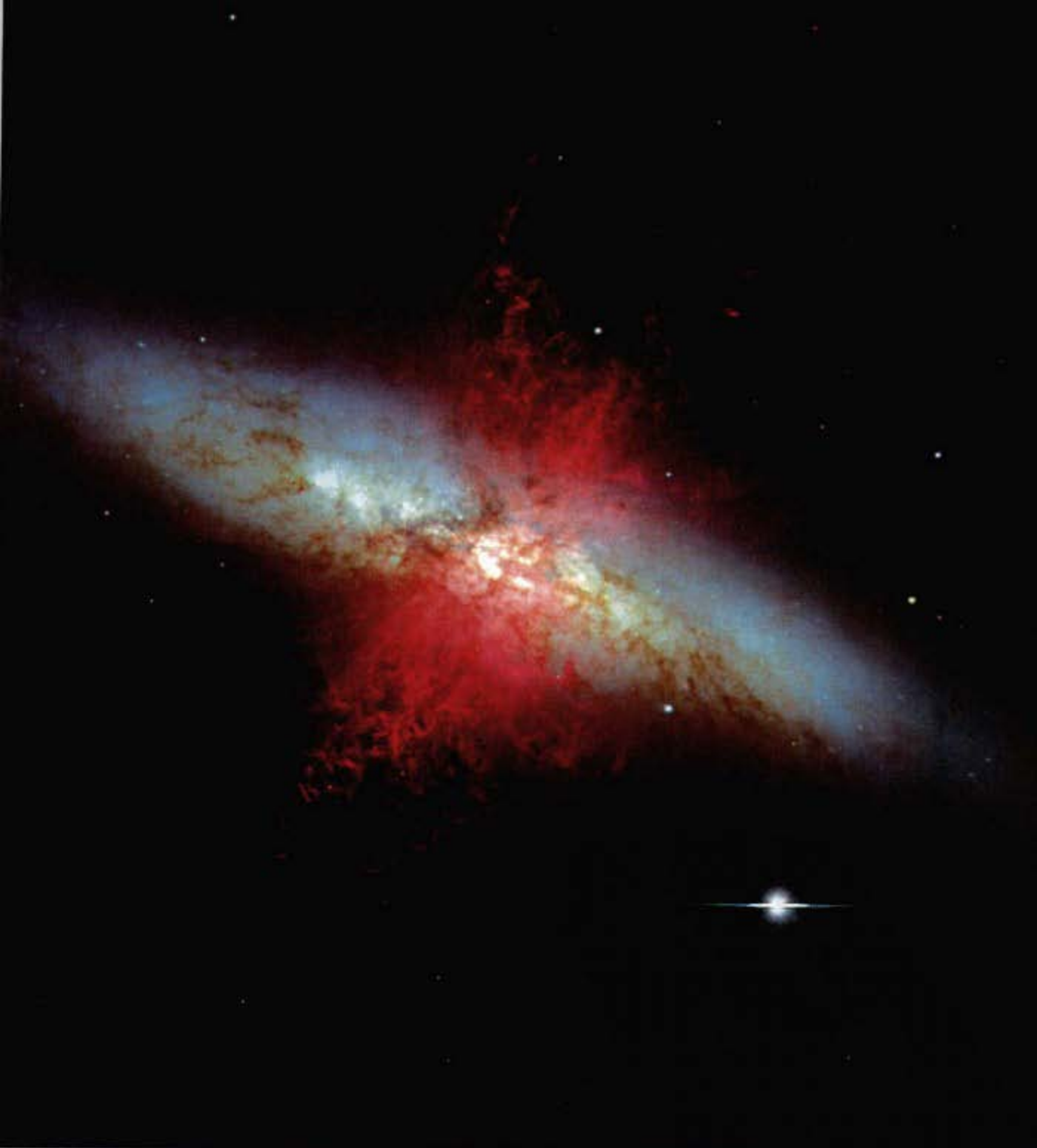
第10章 | 星系的碰撞

在前面的内容中我们看到，极其遥远而年轻的宇宙的空前景象揭示了矮星系之间广泛碰撞的证据。与今天相比，在那么早的时期，碰撞要频繁得多。原因很简单，在那还没有怎么膨胀的宇宙里，万事万物都紧靠在一起。现在已经清楚，这类碰撞在宏象旋涡星系和椭圆星系的演化中起了决定性作用。哈勃空间望远镜拍摄的大爆炸后大约几十亿年时年轻星系的像，显示它们由于碰撞而扭曲和变形，它们的形状与我们在周围所见的正常椭圆星系和旋涡星系明显不同。幸好我们能够通过研究一些近旁的实例，看清更加精微的细节，从而了解关于星系并合的大量信息。

星系之间的碰撞是波澜壮阔的事件，蕴含着至伟至巨的力量；无论如何，这种撞击涉及两个巨大的天体，每个都可能拥有几十亿颗恒星，以每小时几百万千米的速度迎头相撞。大致上，100个星系中有一个看来正在经历这种碰撞，在几亿年的时间里被引力曳拉到一起。这样一种巨大的时间尺度，当然意味着天文学家穷其一生也不可能观察到交会发生的整个过程，但却能够抓拍并合和相互作用过程的不同阶段。星系间的相互物理作用最主要的影响存在于星际介质中的自由气体——撞击产生强大的激波，能够驱动气体云，压缩它们，使得它们十分稠密而足以导致新恒星的形成。相反，单个恒星比较安全，因为它们之间的平均距离是几光年，是一般恒星大小的几百万倍。因此极有可能单个恒星不会碰撞，不过它们在星系内的分布和轨道会显著改变。

各种各样的扭曲

天文学家正在获取的关于星系间碰撞的许多优良照片，展示了碰撞星系各种有趣的形态。在两个（或多个）星系碰撞后所见的多种多样的形态揭示了许多性质，例如星系的质量、它们的密度、移动速度以及撞击角度。有些星系可能只是擦肩而过，而有的则是猛然地迎头相撞。在有些场合，相互作用也会产生如我们的银河系所拥有的壮丽的旋臂。确实，银河系看来过去有过几次交会，而且将来还会遭遇新的大规模相撞。



形状不规则的M82星系，由设于夏威夷的巨型青鸟望远镜拍摄。它位于离地球1200万光年处，图中红色纤维结构看来垂直于主星系盘，在每个方向上各延展1万光年以上。虽然M82曾经经历了与邻近星系的数次密近交会，但是大部分红色纤维结构是由源自星系中心区域的飓风驱动的

桥和尾

更常见的情形是两个相互作用的星系经受擦掠，而不是直接相撞。一对受彼此引力作用的约束并相互绕转的密近星系，可以十分接近而产生可观的损伤和扭曲。这种破坏性相遇的结果能够形成由气体、尘埃和恒星形成的巨大的桥和尾，它们向太空延伸几百光年。哈勃空间望远镜的相机摄到的美丽实例，是名为NGC4676的一对星系之间的交会。它们位于3亿光年远处，两个纠缠在一起的星系向外甩出了恒星和气体的巨大尾巴，还能见到有几股物质外流到几百光年之外。这次并合经历了1.6亿年，蕴含于其中的引力也触发了无数孕育大量新恒星的星团的形成，这些星团在NGC4676的照片中以蓝色光斑显示出来。

位于大犬座的旋涡星系NGC2207和IC2163是另一对相互作用的星系。NGC2207的尺度和质量比IC2163更大，它的潮汐力扭曲了IC2163的形状。NGC2207和IC2163明显具有星系交会的普遍特征，包括大量物质向外延伸、高强度冲击下气体形成的羽片、星尘形成的条带和新恒星形成的风暴。严重变形的IC2163，包括两个气体尘埃的潮汐流以及非同寻常的卵圆形的主星盘。这次并合为时较近，两个星系可能在约4000万年前到达它们的最近点。NGC2207和IC2163已永远锁定在一起，并将继续彼此损伤和破坏，直到几十亿年之后它们终于并合形成一个单一的大质量星系。

脱离星系的巨大的恒星流、气体流是宇宙碰撞中潮汐作用的产物。它们可以看做在大自然的撞击测试实验室里所进行的实验。这些流中物质的量为星系的撞击能量和物质含量提供了线索。例如，决定星系碰撞中最后形状的关键因素是包含在巨大的“暗物质”晕中的质量，人们认为这类晕包围着每个星系。





两个星系——NGC2207（左边较大的）和IC2163（右边）——之间的碰撞。正在起作用的强大引力把恒星和气体喷射到长长的羽状结构之内，它延伸达10万光年。IC2163正在沿逆时针方向绕行NGC2207，在约4000万年前到达最近距离

一对别称“老鼠”的星系之间的碰撞，由宇航员于2002年3月安装在哈勃空间望远镜上的最新照相机拍摄。巨大的物质流正从受扭曲的星系内流出，裹胁着新近形成的（蓝色）恒星的团块，照亮了“尾巴”。几十亿年之后，两个星系将并合形成单一的巨椭圆星系





还有环

一个小星系和一个较大星系之间直接的迎头相撞，有时能产生一个令人惊异的恒星环，它在留存的主星系周围形成。这些“环状星系”标志着远古击中靶心的相撞。我们可以在巨蛇座内一个距离我们约6亿光年的地方，看到这一神奇的场面。一个称为霍格天体的、由蓝色炽热恒星构成的近乎完美的环，环绕着由老年黄色恒星构成的小中心核。霍格天体是巨大的，其直径约17万光年，如果拿我们的银河系去比附，则银盘正好填入环的内边缘。天文学家认为一个较小的星系在大约30亿年前碰撞进入较大星系的核内，产生的大规模能量波以惊人的速度向外传播。这很像把一块石头扔入池塘产生的波动，一波赶着一波并从中心出发扩散出去。波在传播过程中压缩气体和尘埃，并把它们极度加热，以致终于触发新恒星的形成。这样产生的恒星，是我们在霍格天体的环里看到的年轻大质量恒星。在这种情况下撞入的较小星系就没有留下丝毫痕迹，而且看来很可能它的一些残留物也已经被搜罗进了环中。天文学家现在已经鉴别了几十个由碰撞形成的环状星系，另外还有许多存疑的实例有待研究。

致密星系群

星系极少作为孤立的天体出现在太空。它们几乎总是形成星系的群落，这种群落的成员可以从只有几个到几千个，通过相互间的引力集合在一起。如果十来个星系集聚在一个很小的区域，以致最终会相互接触并相互作用，它们就称为“致密星群”，迄今为止已发现了300多个实例。对于天文学家来说，它们被看做宇宙早期历史中发生的并合活动的近代例证，那

扣人心弦的、名为霍格天体的环状星系。这个星系的跨径为12万光年，距地球6亿光年。年轻恒星的蓝色光环可能是与另一个星系在远古碰撞受到损毁后的遗留物





时星系的交会是非常普遍的。致密星系群是比较邻近的，所以我们能极其细致地进行观测，以了解因碰撞引起的浩劫。

有一个星系群称为希克逊40，位于长蛇座，距离地球3亿光年，由5个旋涡星系和椭圆星系组成，它们看上去有物理上的相互作用。由于受到惊人的引力的扰动，巨大的气体流和恒星流伸展到遥远距离，星系中某些成员已经开始了最终并合的过程。随之而来的对气体的挤压会触发新一轮的恒星形成。希克逊40为我们研究强力的交会如何影响单个星系的演化提供了活生生的例证。

星系吞食

在宇宙的暴行之中，有一种致命的交会，这时一个星系被其邻近的、远大得多的另一个星系完全吞噬，整个殒灭无余。星系吞食的这一幕常常发生在成员密集的星系群中央。在那里，位于中心的星系会吃掉几个矮星系，长大成为特大质量星系，大小可达银河系的5 ~ 10倍。令人难忘的旋涡星系ESO 510-G13就是一个例证，很明显它正在吞食比它小的伴星系。这个星系的侧面朝向我们，距离地球大约1.5亿光年，拥有一个非同寻常的扭曲和缠绕的恒星盘，这是由大规模的扰动造成的。引力引起的扭曲也导致在这个星系外部区域内年轻蓝星的形成。在几百万年的时间里，ESO 510-G13将与其近邻完全并合，并最终成为单个更大的星系。研究这种交会过程，可以使天文学家更好地理解较大的原生旋涡星系的结构和稳定性，例如它拥有怎样的密度、物质如何从核心向外围分布等。

致密星系群希克逊40，由青鸟望远镜拍摄。这些星系非常密集，以致图像底部的3个星系已互相接触并在引力作用下相互影响

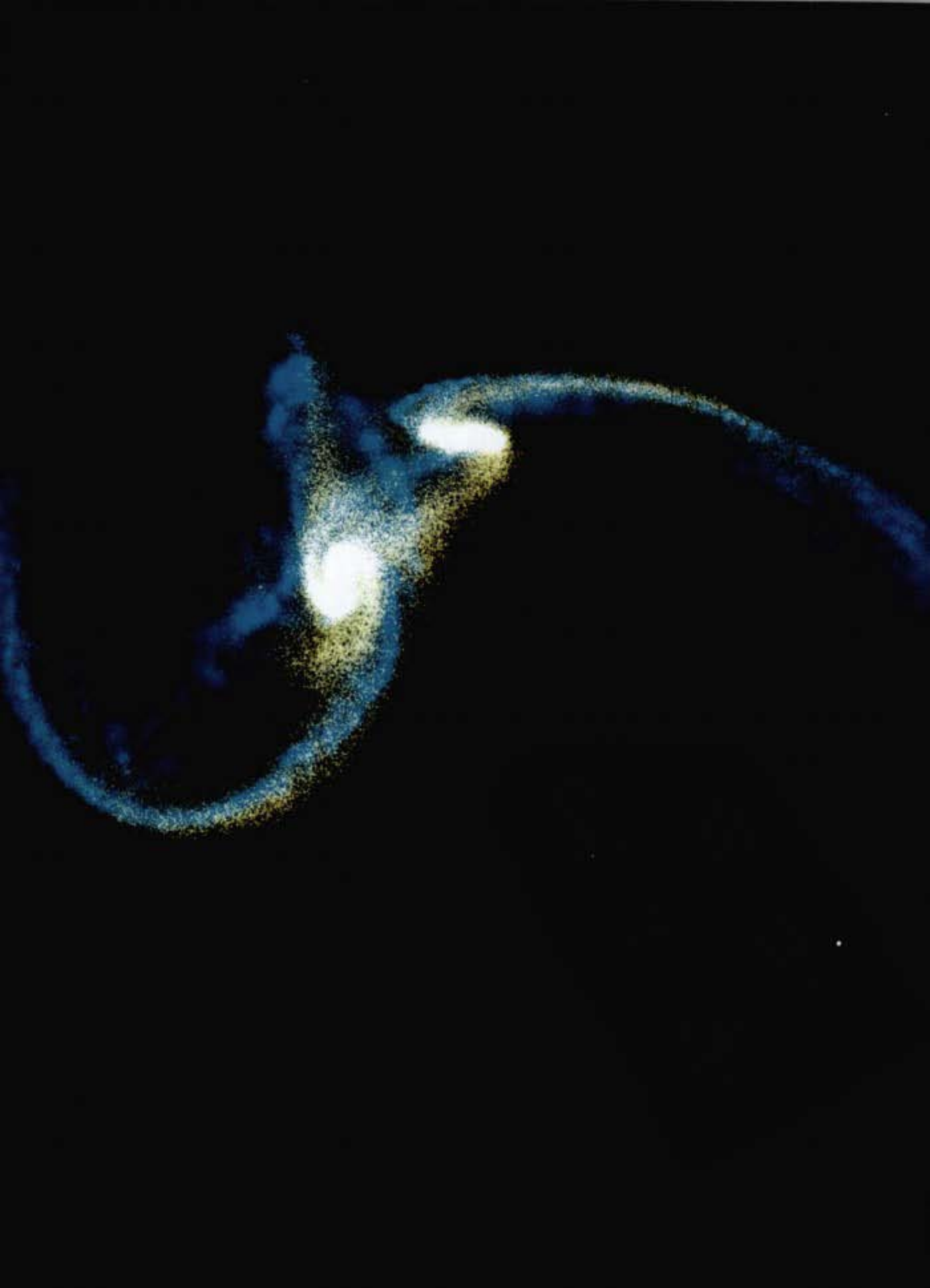
银河系的命运

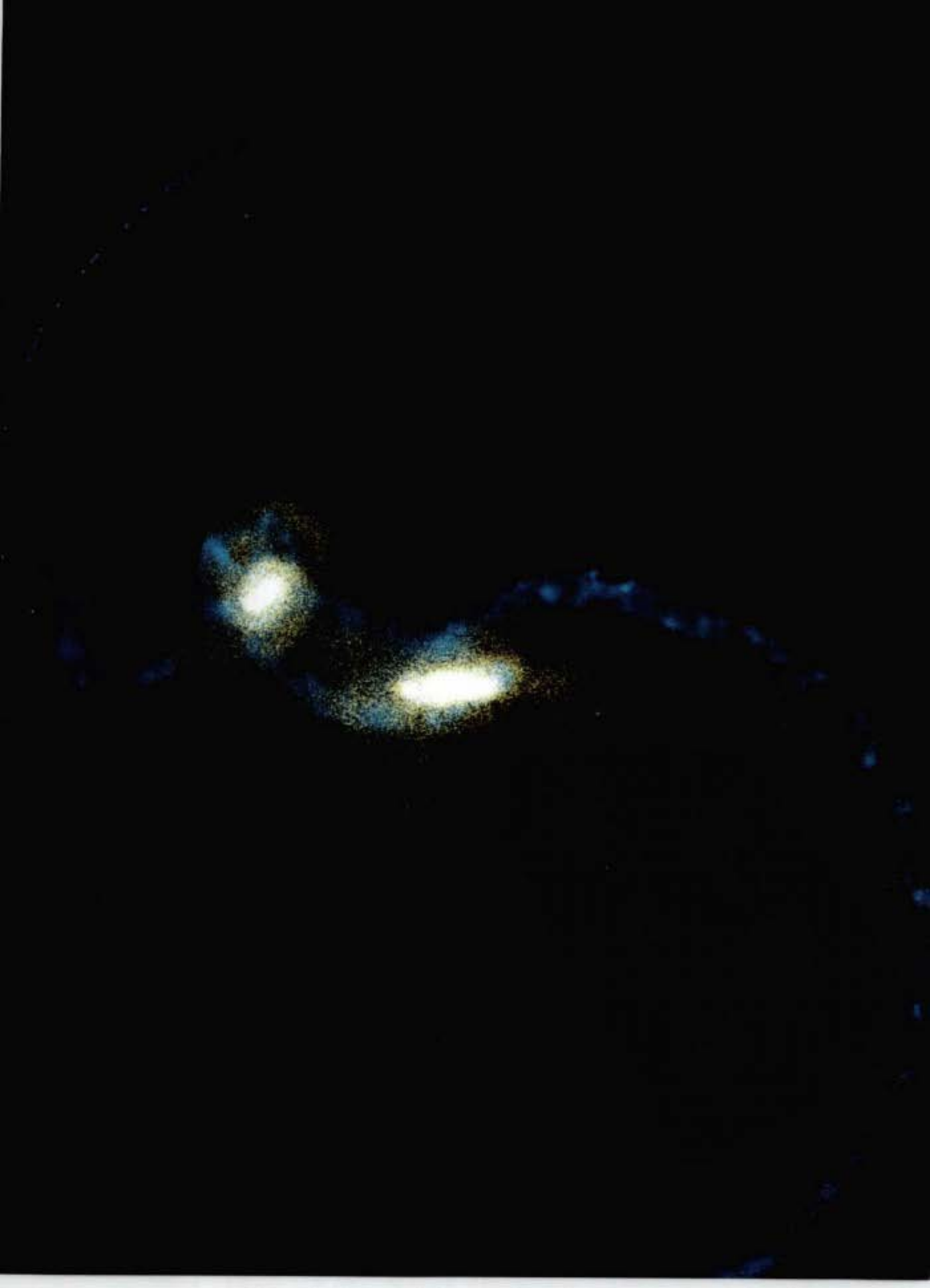
我们的旋涡形的银河系是本星系群的一个成员，本星系群由45个星系组成，包容于300万光年的范围之内。在这个星系群里只有3个大旋涡星系，包括壮丽的仙女星系，另外还有一些小（“矮”）的椭圆星系和形状不规则的星系。整体的引力把本星系群束缚在一起，有充分的证据表明银河系曾经是与较小成员碰撞的牺牲品。那么我们会问，在这么一个相互作用的群体内的银河系，它的命运可能怎么样？

天文学家试图回答这个问题的途径，是通过用计算机模拟星系的并合——从对星系的速度和质量的观测中导出若干基本的约束条件，再用大功率计算机栩栩如生地演示星系碰撞的系列过程。现实中的这一实际过程将经历5亿年的时间。对本星系群的观测表明，事实上银河系与有自身两倍之大的仙女星系（也称M31）正在以每小时48万千米（每小时30万英里）的速度彼此迎头相向运动。它们相距只不过200万光年，以这样的速度运行，注定将在50亿年之后相撞。这个预测是指起初的交会只是在边缘的擦掠相碰，而不是结结实实的迎头相撞。不过计算机模拟表明，后来的局面将发生根本改变。在第一次碰撞之后，两个星系将反弹到缩小的轨道上，紧接着发生第二次和第三次更强烈的撞击。终于，在大约10亿年之后，两个星系将拉得越来越近，直到并合成单个巨椭圆星系。这将如何影响地球上的我们呢？其实，在远比这一完全并合早得多的时候，地球上的未来居民将首先处理更局部的危机。那时，太阳按照注定的演化途径，膨胀成为一颗红巨星，使得地球大气炽热、海洋沸腾，因而焦痕斑斑、生机全无。

通过计算机的计算来模拟的两个星系之间的碰撞。从左到右（和以下两页）的直观图像提供了10亿年期间的景象，在此期间两个旋涡星系由它们的相互引力吸引在一起，随后形成巨大的潮汐尾巴，即外向流







第11章 | 在银河系中心潜藏着什么

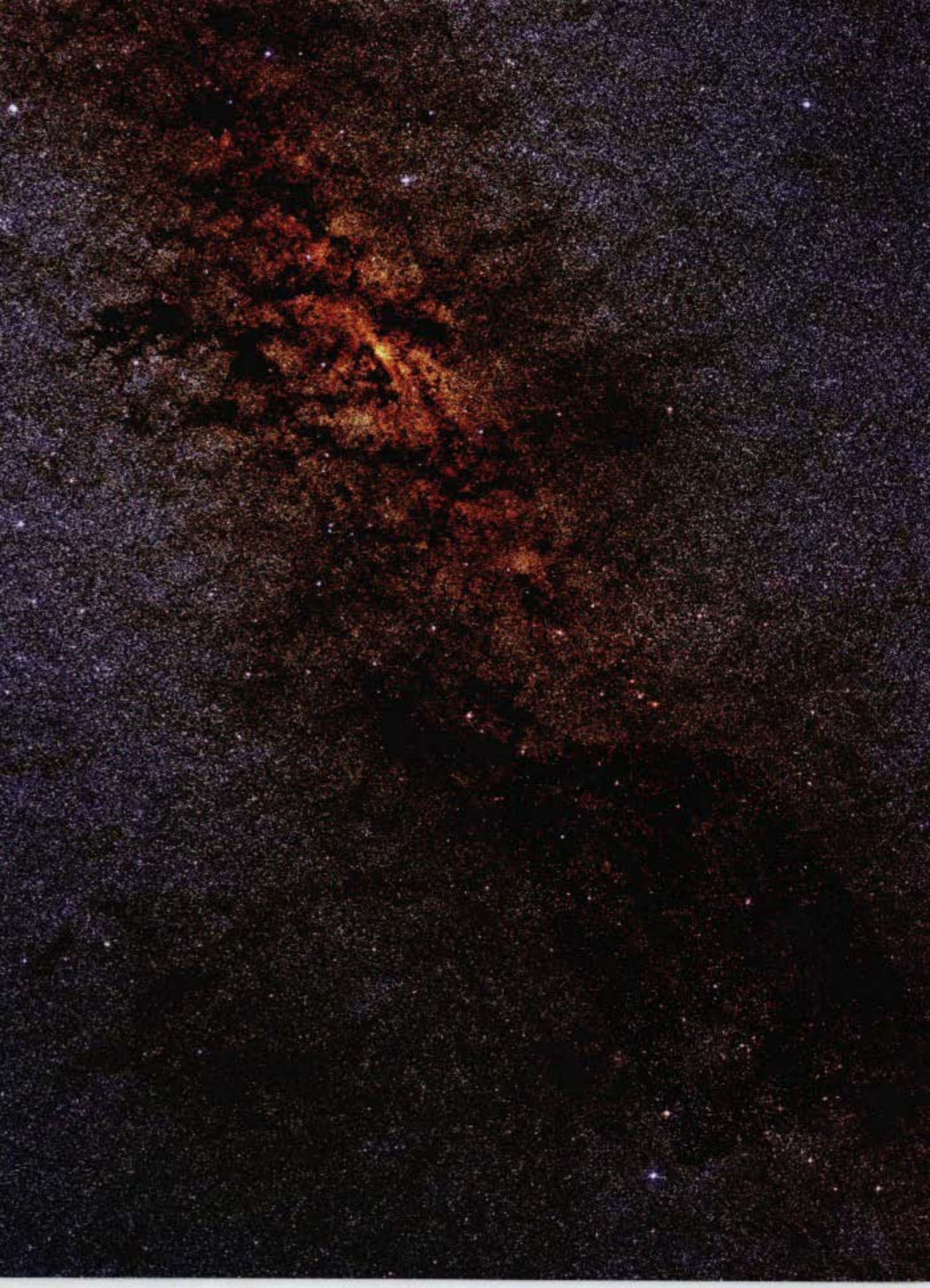
近年来，天文学家已经认识到银河系中心周围的区域是巨大的、唯一的实验室，那里发生着大量不同规模但非常重要和高能的现象。研究这些过程具有极大的挑战性，要求用最强大的望远镜在从X射线到射电波的各波段上获取资料。其中最大的挑战是揭示潜藏在银河系中心异乎寻常地巨大的天体。

让我们对银河系的基本结构作一次总的观察，并由此起步。我们生活在其中的银河系，是一个中等大小的旋涡星系，它包含约1500亿颗恒星。与所有的旋涡星系一样，银河系包含3个主要部分，分别是银盘（太阳系即在其上）、中心核球和包围整个银盘的广阔弥漫的晕。银盘包含形状确定的旋臂，它们是从中心核球向外展开的、由气体尘埃和恒星组成的条带。我们的太阳驻留在称为猎户臂的一条旋臂之内。由于我们身处银盘之内，实际上我们极难看清银河系的全貌；这就好比我们站在密林深处，试图探明这个大森林的形状。银盘的直径为10万光年，但是它比较薄，厚度只有900光年。银盘的周围是宽广的球形区域，即银晕，它的直径超过15万光年。银晕里包含银河系里

由宇宙微波背景探测卫星（COBE）拍摄的银河系的红外像。除了侧向我们的薄薄的银盘，包含高度密集的恒星、气体和尘埃的银河系中央核球也清晰可见。在黑暗和晴朗的夜空，我们可以看到银盘呈现为一条光带，即银河









在人马座方向上看到的银河系中心的景象。这张扣人心弦的图像是由2MASS（2微米全天巡天计划）空间探测器在红外波段拍摄的，展示了在一小块天区内密密麻麻聚在一起的1000万颗恒星。夜空中这块天区的大小相当于在一臂的距离上成人的一個拳头

最古老的恒星，也蕴藏着巨量神秘的暗物质。银河系质量的一半以上集中在中央核球里，它宽约1万光年，高约1000光年。银河系的真正中心位于这个密密地包裹着恒星和气体的核球的中心。整个银河系环绕中心旋转，如果你朝银盘的外缘移动，速度随之增加。太阳系处于很里边的位置，与中心相距约28000光年，它以约每小时90万千米（每小时55万英里）的速度绕行。

靠近湍动的中心

从地球看去，银河系的中心位于人马座。然而，由于我们的视线受到极为稠密的气体的尘埃的严重阻挡，我们仅仅靠一架大型望远镜是看不到它的。靠近银

位于银河系正中心方向上的巨大星团，包含年轻恒星和正在向超新星演化、行将毁灭的、高度不稳定的明亮恒星。星团内也包含银河系内功率最强、质量最大的恒星之一——手枪星



河系的中心，恒星的密集程度成百万倍地大于太阳邻近空间；如果我们生活在银河系中心区域，将会有无数颗恒星大放光明，我们将犹如生活在永昼之中。

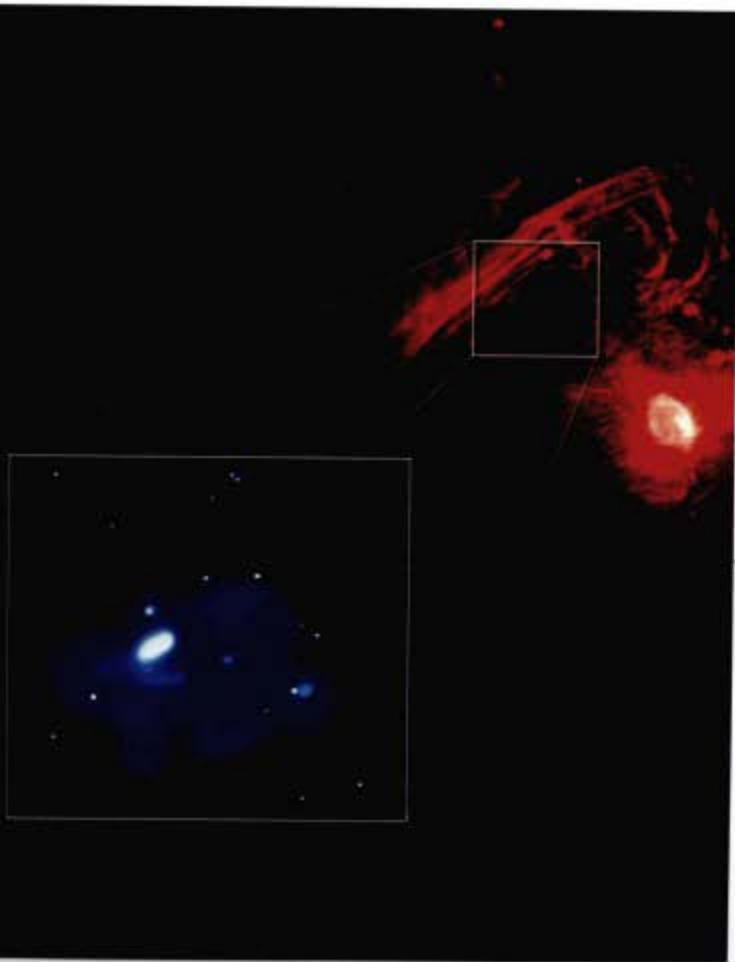
天文学家应用红外波段望远镜研究银河系的中心区域，因为它们能穿透尘埃的帷幕使之高度透明。在靠近银河系中心的地方（距银河系中心几百光年之内），首先让人惊奇的是发现了几千颗大质量高光度的恒星，其中几颗的质量是太阳的几百倍，而光度则达太阳的10亿倍。它们藏身于恒星大量形成的区域，那里正是巨大能量的来源。人们认为这些大质量的星团形成于银河系聚集的早期阶段，与大规模的爆发式恒星形成几乎同时产生，而且只有极短暂的生命周期。确实，银河系的中心区域布满了无数超新星遗迹。

在射电波段拍摄的高质量图像也能让我们更深入地看到人马A，它位于银河系正中心的周围，那里能够看到巨型的线状或气流状物质的剧烈运动。在人马A中央处100光年左右的范围内，处处遍布由旋涡状的气体云、强烈的集束射电源和包含几百万颗恒星的致密星团形成的剧烈扰动的环境。壳状结构和几千个强X射线发射源也藏身于此，这一切都是超新星高爆发率的明证。所有这些活动揭示了在人马A的正中心有一个令人畏惧的天体，它能产生强烈的活动。

在“野兽”身上定居

为了揭示银河系中心的秘密，天文学家对距银河系正中心1光年之内的单个恒星的运动进行了精密测量。这是要求很高的任务，因为要检测到穿透密密层层尘埃云的针孔般的星光是非常困难的。利用诸如设在夏威夷的10米凯克望远镜和设于智利拉西亚的欧洲南方天文台

这张射电波段的（红色）像展示了银河系中心周围剧烈扰动的区域，它也包含由X射线波段（蓝色）像揭示的百万度高温的纤维状结构。X射线是当高速电子与寒冷气体周围的云碰撞时产生的



的NTT望远镜之类的大型仪器，天文学家近来已经能够记录几颗紧挨着银河系中心绕行的恒星。这些恒星的绕行速度透露出它们所绕行的天体质量的信息，这与我们根据月球运动测定地球质量的原理相同。原来，这些恒星正以高达每小时500万千米（每小时300万英里）的速度运行，它们绕行一周仅需几十天的时间，它们一定环绕着一个质量很大的天体。

有一颗标记为S2的恒星特别引人注目。应用10年期间收集的数据，人们测绘出了S2整个椭圆形的轨道，得知了它在接近银河系中心时速度如何增加而当它远离时速度如何降低。利用这些结果，天文学家已经计算出S2绕行的中心天体的质量一定达到约300万太阳质量。由于所有这么巨大的质量都包含在不足1光年的范围内，因此我们拥有了令人信服的证据，说明潜藏在银心的天体是一个特大质量黑洞。这相当于把大约300万个太阳挤压进太阳系的空间内，除了黑洞，我们想不出还有别的天体具有这么高的物质密度。

美国宇航局的钱德拉X射线卫星近来获取了关于这个特大质量黑洞的迄今最深度的X射线像。它们提示了发生在黑洞周围的无返回点（即视界——译注）附近的神秘的、短暂的X射线暴。在这些X射线像中，我们能看见裹挟着气体的、被加热到超过2000万 $^{\circ}\text{C}$ （6500万 $^{\circ}\text{F}$ ）的巨瓣，这为了解黑洞受物质馈赠的方式提供了线索。

探测黑洞

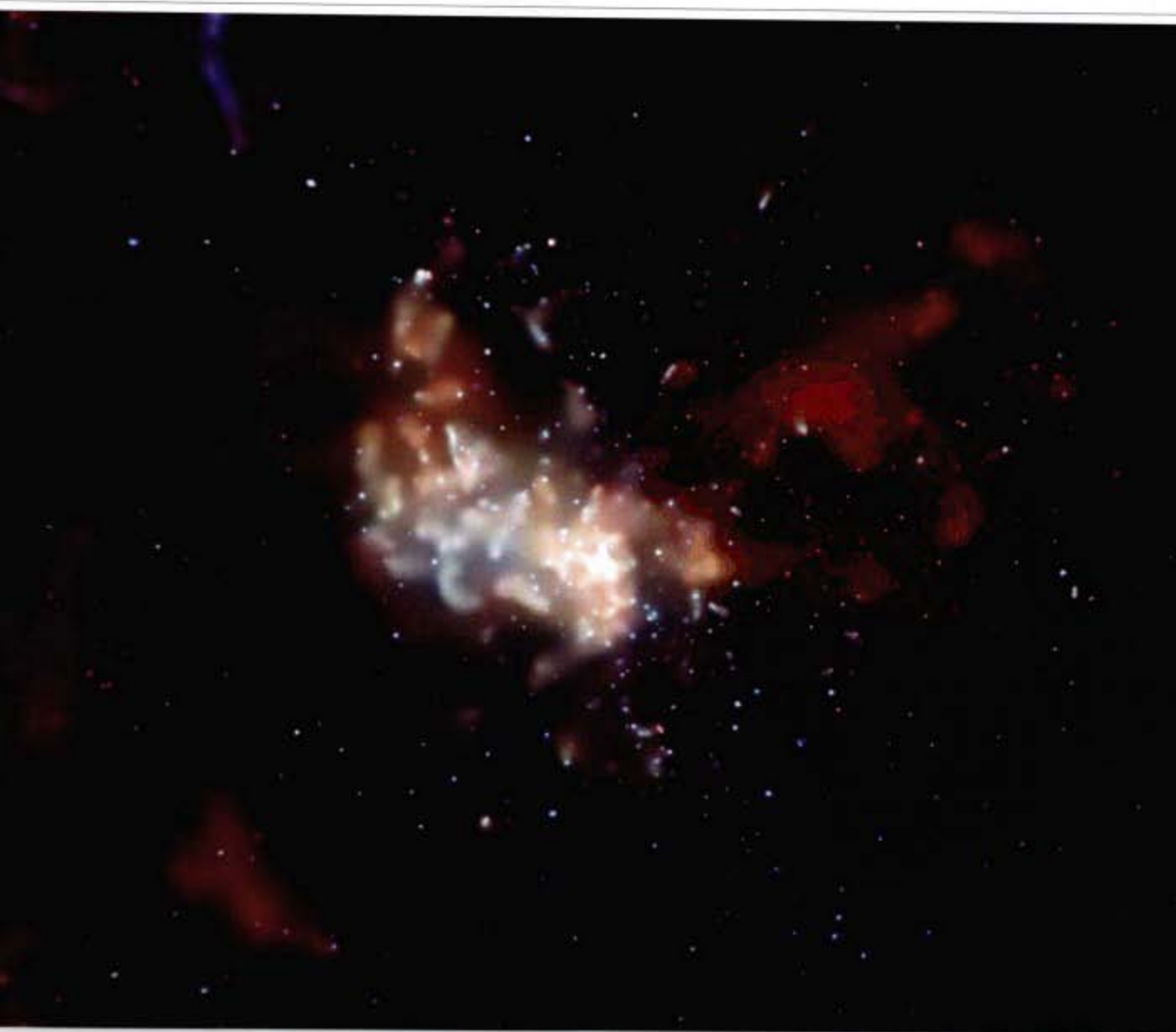
黑洞是非常奇特的天体，它的引力场极度强大，周围的空间严重扭曲，以至于没有任何事物（包括光线）能够从那里逃逸。在黑洞的内部与外部的宇宙空间之间，有一个临界的边界，称为“视界”。从来没有什么东西从视界内出来，它可以认为是一张单向膜，物质和能量能够通过它进入黑洞，但是它不让任何事物反方向逃逸——通过它的物质被永远消耗掉了。黑洞的质量越大，视界的半径也越大。银心中心的黑洞质量约300万太阳质量，在这种情况下，视界半径相当于日地距离的50倍，与整个银河系的规模相比，这是微不足道的尺度。

从人马A检测到的射电和X射线的暴风骤雨般的辐射，现在归结为物质向视界掉落，但是是在穿越视界之前。下落中的气体在环绕特大质量黑洞盘旋时被加热，其中一些在到达无返回点之前向外爆发。这些汹涌的物质外流和巨大的物质喷发实际上大量地削减了供黑洞吸收的物质，从而使它“挨饿”。确实，位于银心中心的黑洞可能听起来让人惊诧，毕竟质量是太阳的

300万倍，但是它还是比较小的。我们将在下一章看到，某些星系内寄居的黑洞，质量超过太阳的1000倍。

虽然现在普遍认为黑洞存在于几乎所有大星系的中心，但是对于诸如在银河系中心的这类特大质量黑洞是如何起源的仍有争论。一种可能性是中心黑洞起源于多个大质量恒星的坍缩，周围恒星抛出的物质源源不断地流向它，从而使黑洞长大。另一种理论认为中心黑洞能够获得质量，是两个较小星系直接相撞后两个核并合的结果。

✎ 卓越的钱德拉X射线卫星摄取的银河系中心区域的X射线像，展示了名为人马A的天体的周围天区。在此区域所见的200余个X射线发射源的强度，可以帮助我们推断银心上特大质量黑洞的质量



第12章 | 类星体的能量

类星体是宇宙中已知最明亮、最强大和最高能的天体。它蜗居于年轻的活动星系的正中心，所辐射的能量高达1000个银河系辐射的能量。这些强烈的辐射能在电磁波的宽广波段上被检测到，从低能的射电波到高能的光子射线。关于这一过程令人惊叹不已的是，这么巨大的能量竟产生于比太阳系大不了多少的区域内。这好比一只小手电筒发射出整个城市夜晚全部建筑物发出的光量。

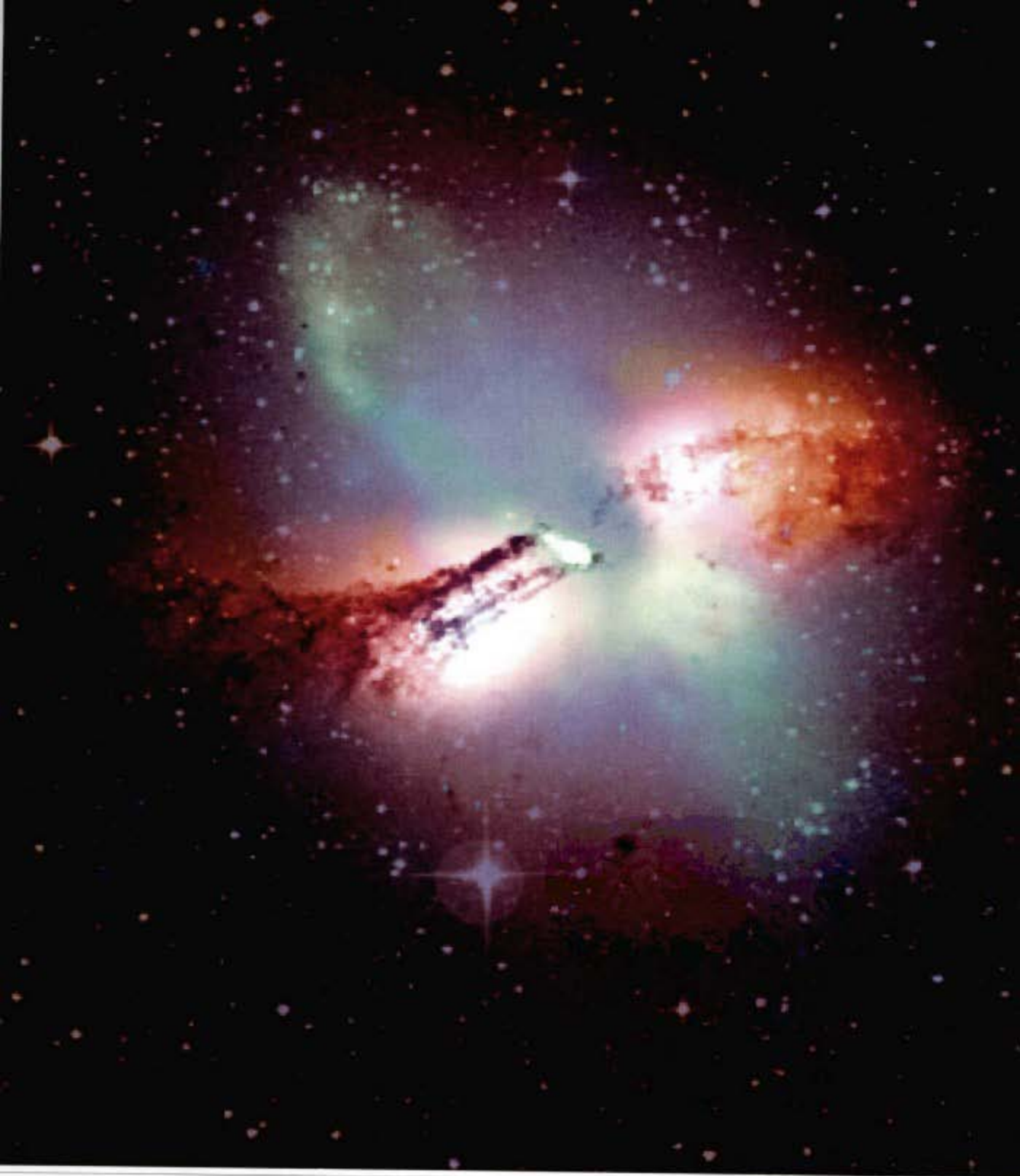
现在普遍接受的观点是驱动这类神力无边的现象的发动机，是在类星体中心旋转的特大质量黑洞。对类星体发射的巨大能量的测量表明，巨型黑洞的典型质量是太阳质量的10亿倍。类星体极其明亮，距离遥远但仍能看到。最远距离的类星体超过120亿光年，这意味着我们所见到的是远古的类星体，那时宇宙只有当前年龄的1/10。因此类星体是我们了解发光物质在早期宇宙中分布方式的有价值的线索，它也起了强有力的探照灯的作用，照亮了星系之间广漠、黑暗的太空中存在的物质。类星体还是已知最强大的X射线源，应用诸如安装在宇宙飞船上的望远镜研究这类辐射，正在为天文学家开拓新的视野，去观察类星体中心黑洞周围高度湍动的环境。

由于类星体是星系里最明亮、最灿烂的部分，因此通常很难察觉整个寄主星系。这很像太阳外缘的日冕，我们只能在它被月球掩食时才能看到，而类星体周围的区域也只能在设法挡住来自核心的光芒时应用类似“日冕仪”之类的特殊仪器才能看到。应用哈勃空间望远镜上的“先进照相机”，著名的类星体3C273发出的光线被机载日冕仪掩食，由此发现它的寄主星系比原先所设想的更加复杂。这些发现显示，在如同银河系旋臂的旋涡形结构的痕迹中间是黑暗尘埃的条带和炽热气体的亮结，正在快速喷流中喷出。

新近的图像展示类星体的热星系具有多种多样的大小、亮度和形态，在有些场合星系看来拥有一些高度致密的、密近的伴星系，这样就增加了剧烈相互作用的可能性。星系类型的高度多样性也提升了“触发”中心类星体的机制各不相同的可能性。

馈饲黑洞

类星体的光度取决于中心黑洞有多大质量和它消耗物质的速率。既然如



星系半人马A的X射线像、光学像和射电像的合成像。图像显示星系半人马A极其活跃，高能粒子喷流从中心的特大质量黑洞喷涌而出。这个非凡的星系拥有一个温度高达百万度的炽热气体的环，其跨度达2.5万光年

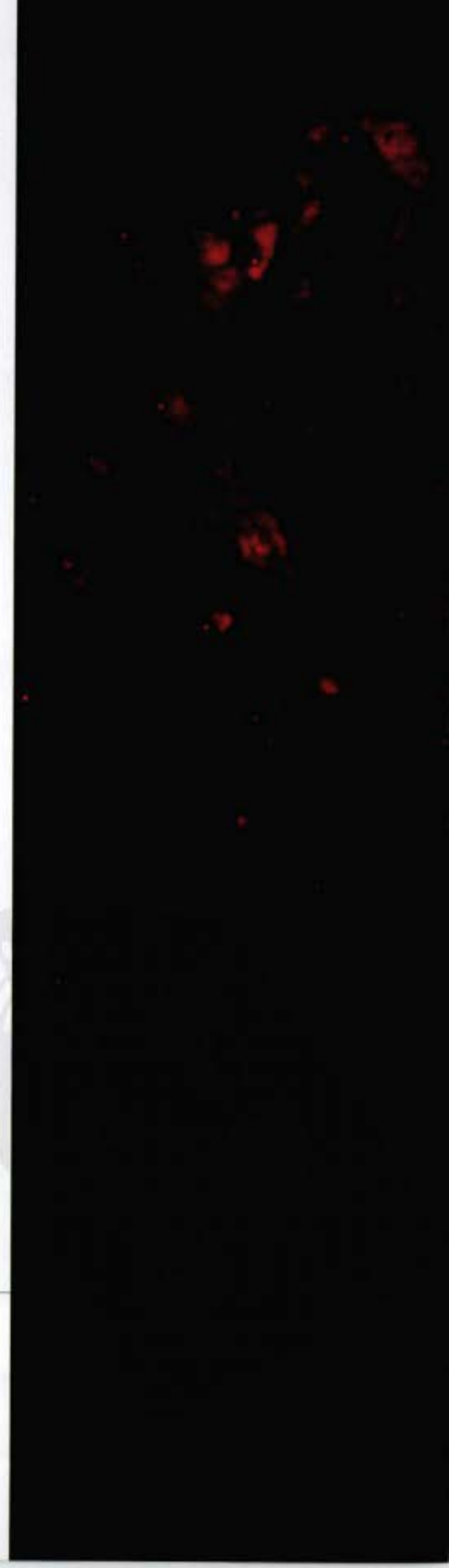
此无度地发射光线，必然有大量气体倾注到特大质量黑洞上去。通常稳定地吞噬的食量相当于每年消耗几个太阳。那么类星体供食和进食的方式怎样呢？类星体中心的特大质量的发动机（即黑洞）有一个称为“吸积盘”的扁平区域环绕着。这个盘是一口旋动气体沸腾的大锅，物质通过它盘旋着向黑洞掉落，就像水在下水口旋下。吸积盘的典型大小大致上是太阳系的数倍，与整个星系的尺度相比它是微小的。随着来自恒星、气体和尘埃的物质盘旋着越来越接近于类星体的黑洞，它们旋转得更快、压缩得更紧。结果是物质中的粒子彼此剧烈摩擦，摩擦生热，使得气体的温度上升到几百万度。在吸积盘的内部区域，极度炽热的物质发射巨大的能量，它转化为类星体的X射线、射电波和光学波段的惊人辐射，并且能被地球上的科学家检测到。

高速喷流

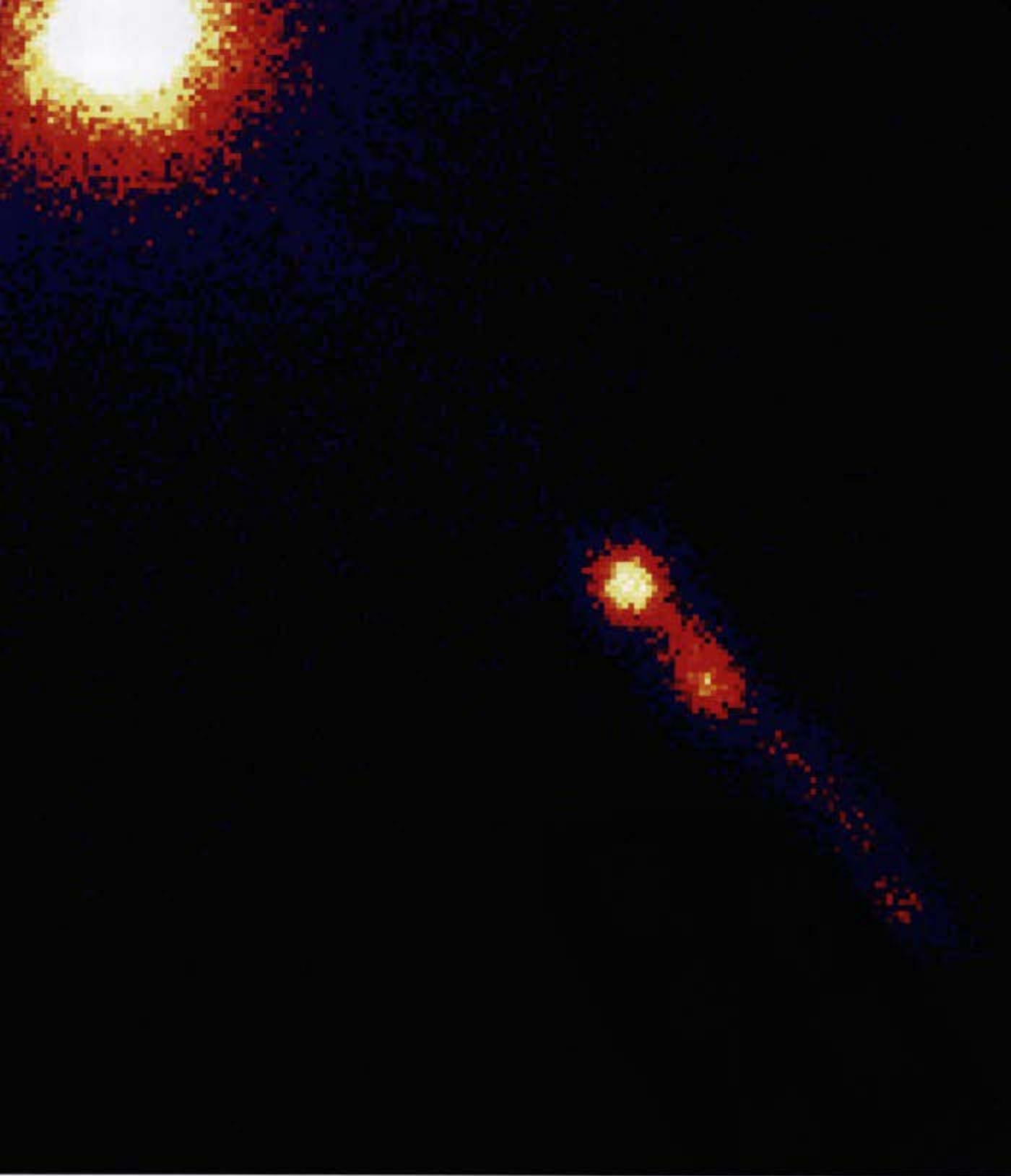
当物质通过旋涡般的吸积盘被吮吸进类星体的特大质量黑洞中之际，令人惊诧的是一些气体在强烈的高速喷流中被喷射出去。这些喷流，几乎以光的速度，呈非常细长的射束由星系射出，延伸几十光年远。科学家正在力图了解物质如何从类星体的核心猛然地喷射而出，喷流与周围环境又如何相互作用。

以惊人速度推出的汹涌巨流包含极其炽热的气体，它们发射X射线，研究人员利用美国宇航局的钱德拉X射线天文台，已经能够揭示这些喷流

✎ 星系NGC1068的高度活动的核心。从这张由美国宇航局钱德拉卫星拍摄的NGC1068的独一无二的X射线像，能够看到极其炽热的气体以每小时150万千米（每小时100万英里）的惊人速度从中心特大质量黑洞的附近吹出







从类星体3C273以接近光速的速度喷出一股强烈喷流。这张新的X射线像展示了喷流成团和间断的性质，而早先人们曾经以为喷流是气态物质的光滑流动

的爆发性的特性。例如，从类星体3C273射出的喷流并不是光滑的细束，而是包含着气体的团块。喷流的长度和X射线发射的亮结暗示着间歇的、变化着的活动非常接近于中心的特大质量黑洞。在环绕黑洞的旋涡盘内的气体高速绕行，遭受着可怕的压力，喷流正是起源于这些气体。

向黑洞内下落的物质、快速的湍流运动与极高的能量结合在一起，能够引发其他奇特和复杂的外流从类星体流出。哈勃空间望远镜捕捉到了NGC4438星系内的巨型发动机，它正在向太空吹送炽热气体的巨型气泡。它位于距地球5000万光年处，喷吐物质似乎成了特大质量黑洞这个饕餮的习惯。这个气体巨泡在太空中横跨800光年的距离，并且还将继续膨胀，直到终于破碎并融入包括NGC4438的外部区域在内的周围环境之中。钱德拉X射线卫星发现了另一个实例，来自NGC1068星系中心的特大质量黑洞产生快速外流，一团巨大的气体云被炸面饼圈形的冷物质区所包围。高速外流的温度约为 10000°C (50000°F)，以每小时160万千米（每小时100万英里）的速度疾进。

总之，目前认为类星体是极端活跃和扰动的，并且局限在年轻星系的中心区域。驱动所有能量、辐射和物质爆发的发动机是一个黑洞；它的质量相当于整个正常星系，但是尺度只与太阳系的大小相当。这只“巨兽”通过高速自转的气体尘埃盘取食。从这个核心向外，集结着一些寒冷的、以较低的速度运行的气体云。正像一个花托从侧面或直接从上面看去形状不同一样，类星体也将呈现不同的性质和特点，这取决于它在空中指向我们的角度。

类星体存活多久

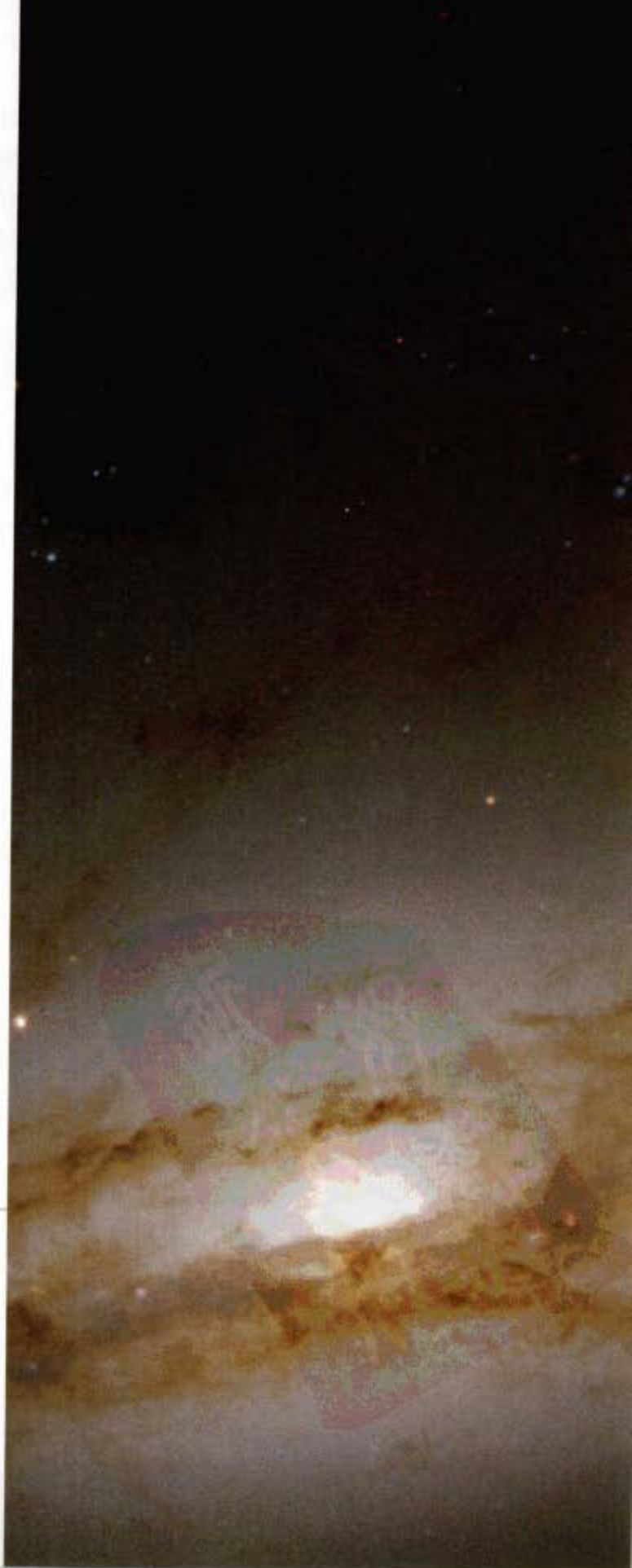
我们已经看到类星体能够具有惊人的产能率，但是普遍认为这种漫无节制的能量输出只能在星系的一生中维持短短的一个阶段。这里谈到的喷流、巨泡和其他外流的直接结果是它们消耗着黑洞近处吸积盘的物质。人们推测，在旋转的盘内最终会生成空腔，它会有效地阻断给黑洞的食物供应，从而缩减它的产能率。在星系生命的后续期内，星系核内的活动将远不如其青年时代。但活动和爆发进一步加强的时期还是可能的，例如当类星体星系与另一个星系碰撞、并合从而导致它再次开始拥有物质的吸积盘时。换句话说，星系碰撞能够有效地激活类星体。

所有类星体都位于距离我们极其遥远的地方，这一事实支持了下述观点，即它们代表了星系生涯的早期阶段。很可能所有星系在其青年时代都要经历十分活跃的阶段，由中心的特大质量黑洞（虽然它们并不都寄居在强大的类

星体里)提供能量。经过几十亿年,当星系内的黑洞已断绝燃料供应之际,星际就转而变得比较平静和正常,就像我们今天在较近处所见的宏象旋涡星系和椭圆星系。它们过去巨大的中心能源现在已经比较沉静,只留下了青年时代活动的影子。我们的银河系可能从来没有类星体寄住过。它很可能有过强烈活动的青年时期,但是正如前面指出,它只有一个比较中等的黑洞,质量是太阳的300万倍,而不是作为类星体所需的10亿太阳质量。

在远距离上可以观测到许多类星体,相反在近处则比较难以见到,这表明类星体在宇宙早期是相当普遍的。人们认为在宇宙早期有更多的物质处于游离状态、可供利用,而当黑洞消耗了所有可用的燃料时,类星体就“断了炊”。类星体在早期的丰富度是与这一观点符合的。现在已经清楚,类星体、特大质量黑洞与星系的形成和演化是密切相关的。

存在于活动星系NGC4438核心的特大质量黑洞。该星系位于室女座,距离地球5000万光年。这张由哈勃空间望远镜拍摄的详细图像,展示了炽热气体的巨泡从环绕贪婪的中心天体的高度湍动而炽热的物质盘里释放出来







✍ **探测大质量星系晕的秘密：**仙女星系周围球状恒星晕的深度像，距离地球250万光年。这张清晰的哈勃空间望远镜像除了揭示30万个新的晕星之外，还显示了众多10亿光年外的背景星系

第 4 篇

未解之迷和惊人奇观





位于狮子座内、距地球1亿光年的壮观的旋涡星系。测量旋涡星系绕其中心旋转的方式将能提供有价值的信息，帮助我们了解包含于旋涡星系周围巨大晕内的暗物质的量



天文学的故事永无止境。尽管巨型望远镜、深入的计算和精微的计算机模拟使我们的认识取得了巨大进步，但是它们也提出了许多慑人心魄的新谜团。太空深藏着许多玄奥而未被了解的现象，正是这些使宇宙神秘莫测。本篇汇集了一些当代最具挑战性的难题，它们与一些确实奇特的天体有关。人们曾经惊异地认识到宇宙的主要部分是由难以捉摸的“暗物质”组成的，它们完全隐藏在望远镜的视野之外，我们就从这里说起。目前天文学家正你追我赶地进行着科研竞赛，试图通过检测远距离宇宙的详细图像和在地球深处的坑穴内设置先进的、精密的探测器，解开暗物质之谜。隐身于遥远星系内的神秘源发出惊人强烈的 γ 射线暴，这也震撼着宇宙。这些可怕的闪光每一次都能在短短几秒之内释放出远大于银河系在10年内发射的能量总和的能量。科学家也正在努力分析对已知的第一批大尺度结构进行的三维测量，以构建宇宙的蓝图。针对上百万个星系开展的广泛的巡天观测揭示了宇宙的“海绵状”结构，其特征是星系团形成的巨大羽片延伸几百万光年远，其周围有更加巨大的巨洞或空洞包围。最后，近年来最出乎意料的科学发现是宇宙膨胀正在加速。宇宙加速可能是由神秘的“暗能量”引起，它对引力产生反作用。

图说宇宙——空间探测的最新发现——OP1

第13章 | 搜寻暗物质

应用各种互不相关的实测和方法，科学家已经得出一个惊人的结论，即90%以上的宇宙以我们看不见形式存在。这个谜一般的宇宙的重要成分被命名为“暗物质”。从一名观测者看来，暗物质是空间不能直接看到的神秘莫测的组元，因为它既不在电磁波的任何波段有辐射，又那么悄无声影连现代技术都不能探测。我们之所以知道暗物质存在，是因为它对恒星和星系有引力作用；这是一种不可见的引力源，它比我们四处可见的亮物质丰富得多。

诸如坍缩的白矮星、中子星和黑洞之类的恒星坟墓可能是暗物质的组成部分，因为这些天体完全孤零零地存在于太空中，在地球上看去极端暗淡又不可探测。暗物质的另一种主要成分可能是高度奇异的粒子，比原子远小得多，质量只及电子的十万分之一。虽然人们预期这类微小粒子大量存在，但是它们很难与普通物质相互作用，而且在某些情况下只是一种假设，还没有在实验室中检测到。这里，我们将看到科学家正在收集关于存在大量暗物质的证据以及他们在发现暗物质的形成和撞击方面的进展。我们对于暗物质的了解，已经直接影响我们对宇宙演化和终极命运的认识。

自转中的星系

诸如我们银河系之类的壮丽的旋涡星系有由恒星、气体和尘埃构成的盘，它们环绕星系中心旋转。例如我们的太阳每2亿年完成绕行银河系一圈。旋涡星系并不像一块巨大的固体板块一样自转，而是沿盘的半径在不同距离处有不同的角速度。仔细地测量一个星系在与其中心不同距离处的自转速度，天文学家能在很大程度上了解星系质量的情况。

人们发现关于旋涡星系自转速度的有些事情十分蹊跷。星系里的恒星环绕中心运行的方式，似应类似于太阳系行星环绕太阳运行。这就是说，恒星离中心越远，它运行得越慢（正如海王星绕行太阳一圈比水星费时长得多）。令人惊异的是，对星系自转的测量显示星系外围区域的恒星并不如预期的那样慢下来。例如在银河系里，如果恒星像行星在太阳系里那样运行，那么离中心约5万光年处绕行的恒星，其运行速度将为每小时54万千米（每小时33.5万英里）。事实上，测量表明在这一距离上的恒星运行要快得多，速度



这张令人惊叹的哈勃空间望远镜像展示了名为阿贝尔1689的星系团的精妙的引力透镜效应。这个星系团位于20多亿光年之外。由于阿贝尔1689的引力折光作用，几百个甚至更多的远距背景星系呈现为暗淡、模糊和扭曲的天体，星系团的作用就像太空中200万光年大的一个透镜

达每小时99万千米（每小时61.5万英里）。问题在于当你把所有可见物质，包括恒星、尘埃和气体都合计在内时，所达到的质量并不能吸引住以这么高的轨道速度运行的银河系外缘的恒星。恒星这么快速运行，就会径直飞离出去，从而撕裂银河系。

既然旋涡星系并没有被撕扯得遍体鳞伤，那么解释必然是这些最外缘的恒星受到额外的不可见物质的引力——星系一定有大量“暗物质”环绕着，它不能够用射电望远镜、红外望远镜、光学望远镜和X射线望远镜观测到。对银河系的测量显示恒星、气体和尘埃只占全部物质的10%，惊人的90%是隐匿着的暗物质，它广泛地分布在宇宙所有星系周围广阔的晕里。

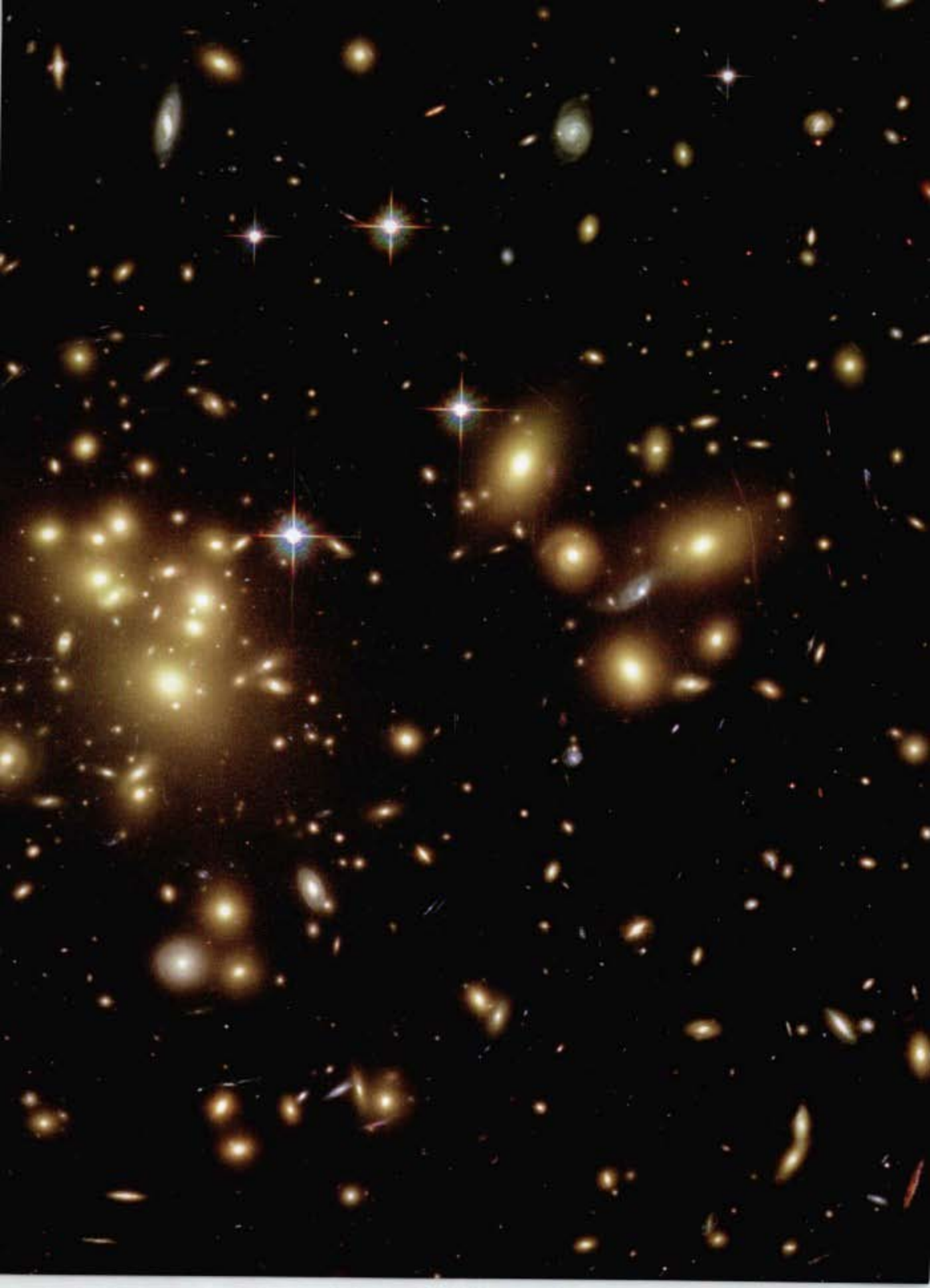
正如前面所述，在星系里，暗物质的出现有许多可能性。天文学家近来发现了关于称为褐矮星的“死亡恒星”的证据。有一些恒星的质量小于太阳质量的10%，这说明它们质量太小，不足以在其核心内开始核反应，因而非常暗淡、难以看见。虽然可能有大量褐矮星浮游在旋涡星系的晕里，但是要说明它们已能完全解释星系自转的特殊性，看来很不可能。

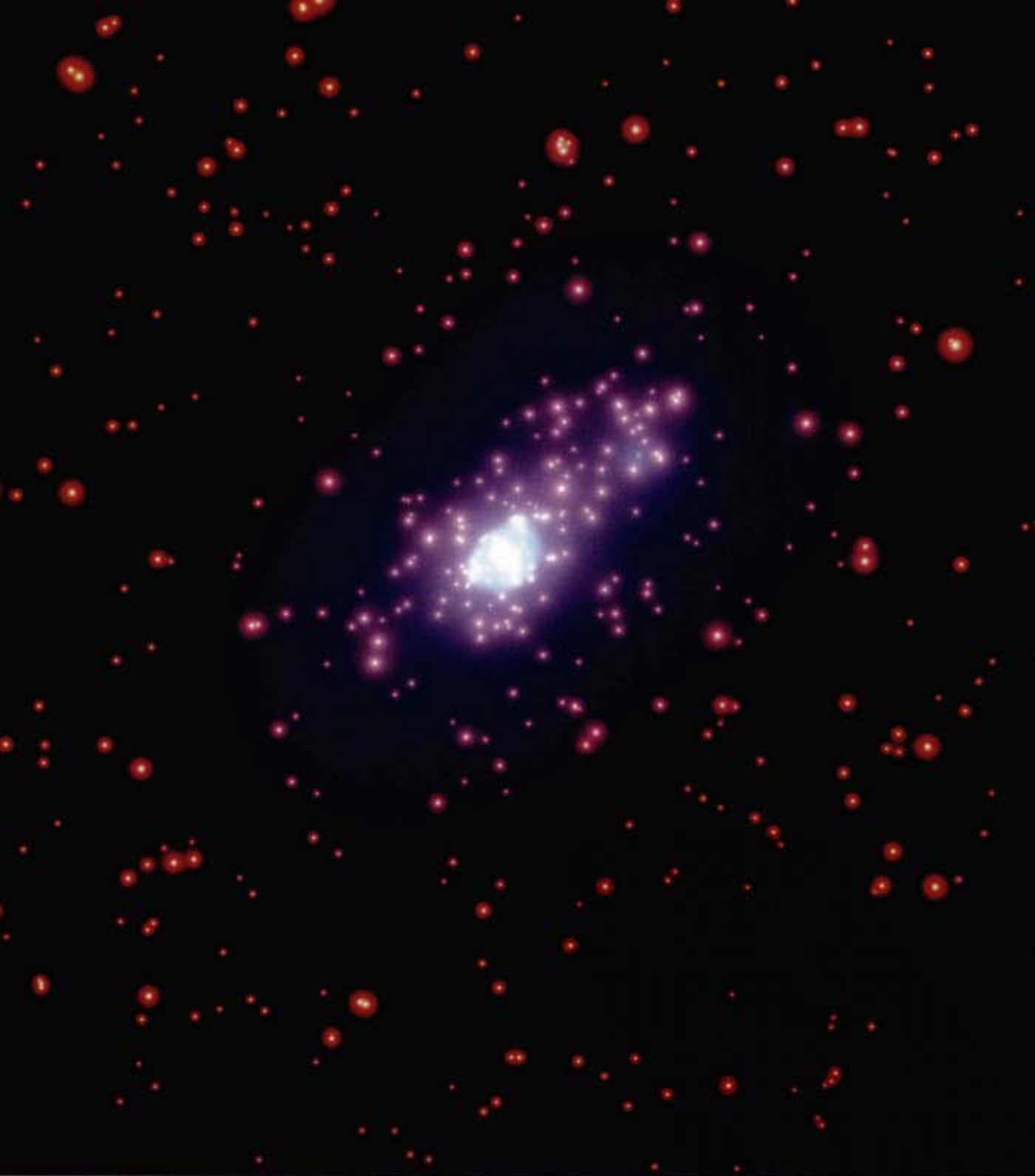
星系团的质量缺失

我们已经发现，星系并不是杂乱地散布在宇宙内，而是被引力束缚在称为“星

正是有了位于45亿光年之外的星系团构成的宇宙引力透镜，才有了这张明亮星系（用红色表示）的独特图像和预测暗物质（用蓝色表示）分布的根据。暗物质也起了使星系团聚集在一起的作用







正是有了位于45亿光年之外的星系团构成的宇宙引力透镜，才有了这张明亮星系（用红色表示）的独特图像和预测暗物质（用蓝色表示）分布的根据。暗物质也起了使星系团聚集在一起的作用

系团”的庞大集群里。一个星系团可能有几百个甚至几千个单个的成员星系。后发星系团是一个典型的例子，它位于距离地球3亿光年处，包含1万个以上的星系，包括椭圆星系、旋涡星系和矮星系，并正经历着频繁的碰撞和并合。星系团内单个星系互相吸引并绕转的方式，取决于星系的质量和星系团的整体质量。深入并多方地研究星系团内星系的这些性状，就有可能“称量”星系团的整体质量。天文学家也能用引力透镜的技术，去推算暗物质的存在和质量，这是因为它也有引力并能使光线弯曲，形成引力透镜。在距离地球超过20亿光年远处、名为阿贝尔1689的星系团，就有这样的引力透镜。由哈勃空间望远镜拍摄的像显示了众多星系加上不可见的暗物质的引力如何形成一个200万光年大小的强大的引力透镜。这个引力透镜将来自它后方、距离它100亿光年的星系的光线弯曲并放大，使这些幼年星系看起来呈现为叠加在阿贝尔1689像上的弧线状且轮廓模糊的光影。由于这些弧线的特征和数量与引力透镜本身的物质分布有关，因此它们能告诉我们暗物质有多少。阿贝尔1689的透镜效应确实使天文学家能够测出星系团内暗物质如何分布。

星系团也蕴含极端炽热的气体，它们发射大量高能辐射。这些气体的X射线像最近显示这些炽热介质由暗物质保持在原地，阻止它们从星系团逃逸并让它们更快地冷却。星系团的确是赖以了解暗物质的良好实验室。

来自太阳的幽灵粒子

虽然星系和星系团内的一部分质量缺失是由于存在诸如褐矮星、黑洞之类的暗淡和不可见的天体引起的，但是它们并不能代表所有暗物质。科学家们一致认为宇宙中暗物质成分的主要贡献一定来自于奇怪而难以捉摸的粒子，它们比原子还小，能够轻易地穿透普通物质。它们往往被称为“弱相互作用大质量粒子”（WIMP），被认为有远比原子小的微小质量。理论上，弱相互作用大质量粒子和其他一些奇异粒子的数量大得惊人，集结在一起成为宇宙中缺失质量的大部分。相关研究正在进行，目的是发现这些幽灵粒子到底有哪些。

最新的进展之一涉及名为“中微子”的一类粒子。这类粒子以接近于光的速度传播，类似于电子，但是不带电荷。中微子非常丰富——每分钟有几十亿个通过我们的身体，但是在人的一生中实际上只有1~2个与我们身上的物质起作用。科学家们已经开展了有趣的实验以确证中微子究竟有没有质量；无论如何，如果中微子是没有质量的粒子（如光子），那么它们对暗物

质的存在就没有任何贡献。

太阳是邻近的、生机勃勃的中微子源，在其核心内进行的核聚变反应中产生着中微子。它们轻易地流到太阳外面，因为它们与太阳内的气体的相互作用十分有限。据估计，在地球上每平方米的面积上每秒钟有超过10万亿个中微子通过！关键在于切实探测到一些中微子，然后测量它们微小的质量。

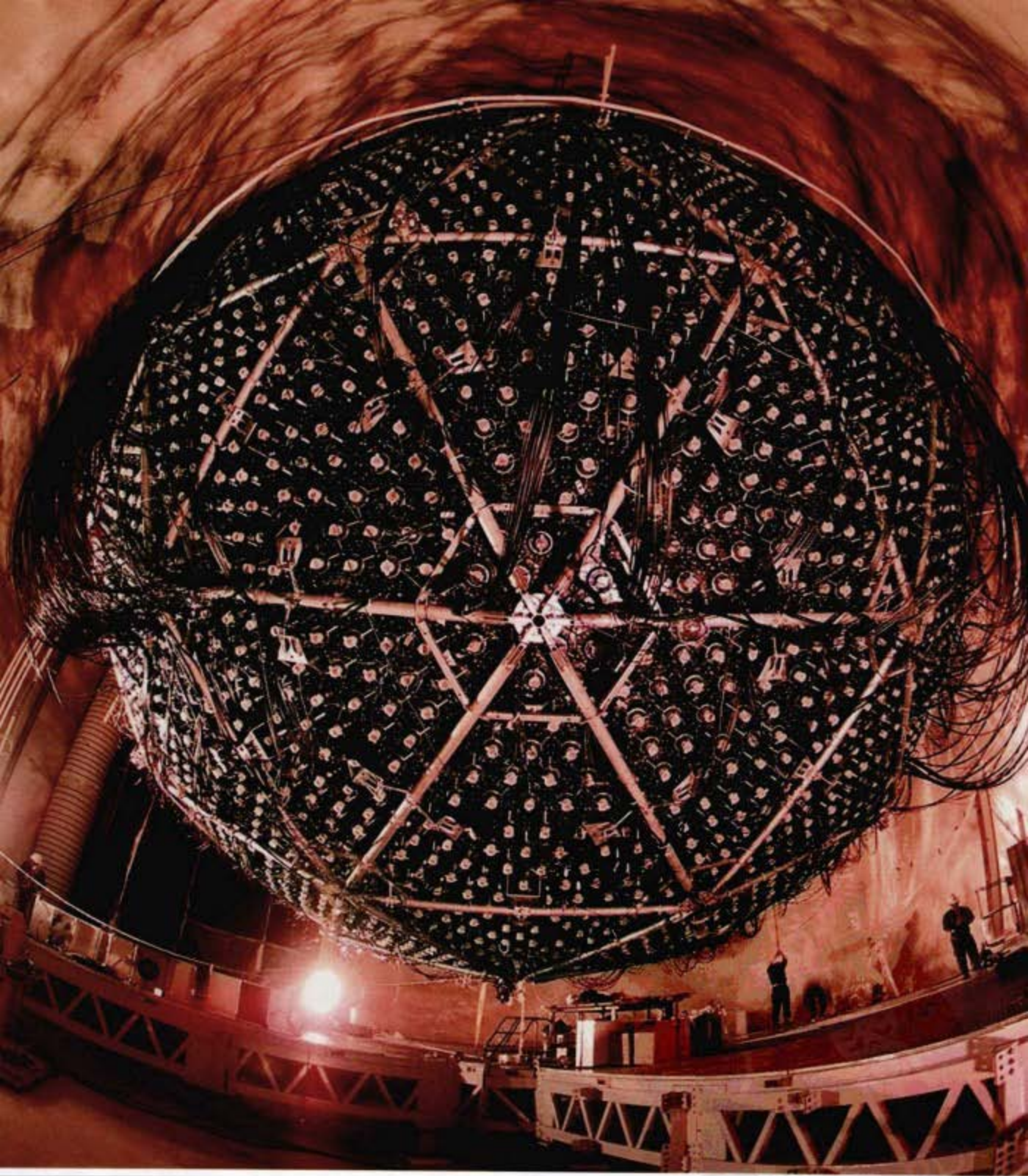
科学家在专门制造中微子探测器方面已经取得了一些成功，一个名为萨德伯里中微子天文台（SNO）的探测器安装在加拿大的安大略省。这个探测器本身是一个30米（33码）高的水箱，装满1000吨非常纯净的（重）水，放置在已废弃的深矿井里。通过调整，萨德伯里中微子天文台的探测装置能探测到来自太阳的中微子所产生的稀少的相互作用，同时显示为一种特殊的闪光。实际上中微子具有3种不同类型，萨德伯里中微子天文台得到的最终结果表明来自太阳的这些中微子实际上在这些不同类型之间变异，在传输的路程中改变特征。从一种类型的中微子到另一种类型的中微子的变异是一种复杂的过程，而且只有当粒子并非没有质量时才有可能。

从诸如萨德伯里中微子天文台之类的精微实验得出的结论是中微子的确有很小的质量，但仍然难以测定它的精确值。即使中微子的质量只有电子质量的万分之一，总量仍然十分可观，因为空间中的中微子多得不计其数。未来的实验旨在确切断定中微子的性质。它们的精确质量究竟是多大，决定着它们在宇宙的暗物质中占多少份额。

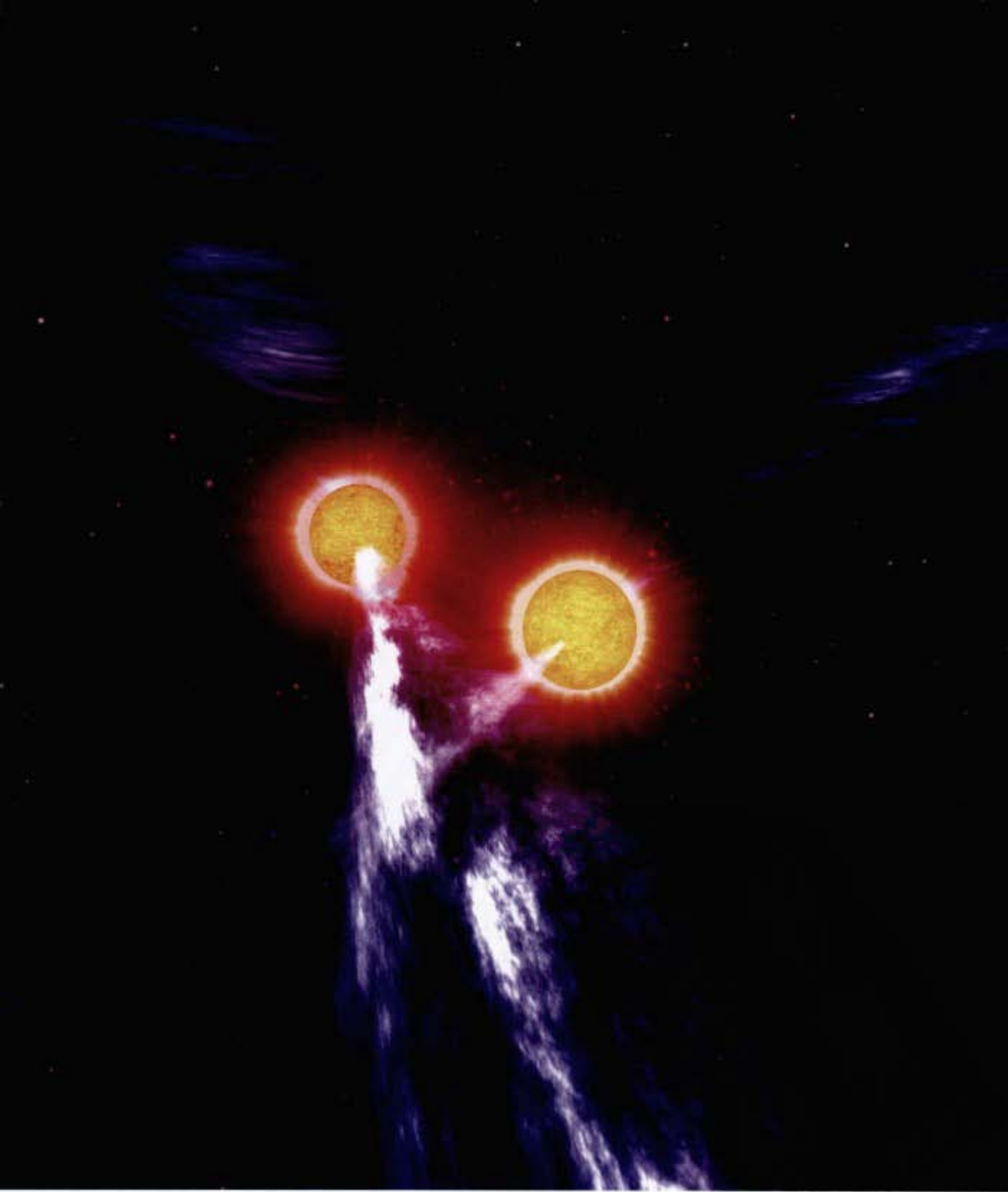
暗物质探测器

探索诸如弱相互作用大质量粒子之类的其他类型的暗物质粒子的工作正在起步，专门用于检测自然界最奇异粒子的新探测器也已建造。在英格兰约克郡地下1100米（1200码）的布尔比矿，已经建立了一个最奇特的实验室。这个深矿周围的岩石为灵敏的探测器屏蔽掉辐射和正常粒子，包括无时无刻不在轰击地球的宇宙射线。然而这种屏蔽对弱相互作用大质量粒子无效，它们很容易穿透岩石，从而能被探测到。

这个精密探测器的基本材料是液态氙，这是一种稀有的化学元素，它很适于作为暗物质粒子的靶子。氙必须保持尽可能地纯净，并保持在精确的温度下。一旦布尔比矿之类的惊人实验完全达到预期目标并测试成功，将了解暗物质展示光明的前景。



7 萨德伯里中微子天文台的容器，从底部所见。这个容器充满了1000吨高度纯净的（重）水，安置在加拿大安大略省的深矿井内，用于检测来自太阳的捉摸不定的中微子流。



7 两颗中子星的假想图。这对中子星束缚在永远相互盘旋的轨道上，它们最终的猛烈碰撞，可能是在宇宙中检测到的一些惊人的 γ 射线暴的来源

第14章 | γ 射线暴

有一种不可思议的强烈而短暂的爆发，称为 γ 射线暴，现在天文学中争论很大的问题之一涉及它的起源。这类爆发起初发现于1973年，只延续几秒钟到几分钟。产生 γ 射线暴的是令人困惑的、宇宙中最明亮的能量发射源。一次 γ 射线暴一般仅持续几秒钟，但却是宇宙中最明亮的爆发。天文学家只是由于在最近几年里研发了安装在绕地卫星上的新型尖端望远镜，才得以深入理解这种惊人的现象。

γ 射线是最高能量的电磁辐射，能量超过紫外光和X射线。只有荷电气体（即等离子体）的最炽热的源才能产生 γ 射线，它也构成了宇宙中最高能和最剧烈的场所。尽管 γ 射线的穿透力比X射线更大，它还是不能透过地球大气的屏障。这对于保护人类免受它的有害辐射是大好消息，不过这也意味着要研究它就只能在空间观测。美国宇航局的康普顿 γ 射线天文台是一台复杂的卫星望远镜，它从1991年一直运行到2000年6月。这座天文台装备着非常灵敏的仪器，在其存续期间检测并测量了2700个以上的 γ 射线暴，并提供了关于这些源在天空位置的首张测绘图。与恒星和气体聚集在银盘和银心内不同，康普顿图显示神秘的 γ 射线暴分布在全天许多出人预料的地方。人们在30余年前首次发现 γ 射线时，曾经认为它们可能是在银河系内发生的。来自康普顿 γ 射线天文台的新结果显示，这些爆发来自各个方向，而且事实上有的一些 γ 射线暴源完全位于银河系之外。

确认爆发

尽管康普顿 γ 射线天文台取得了成功，但是在了解 γ 射线暴源上仍有一个关键问题需要克服，那就是它们在天空非常难以精确定位。只有对 γ 射线暴源进行精确定位，才可能在探测到 γ 射线暴后继以常规的可见光观测，以鉴定 γ 射线暴源究竟是什么类型的天体。使精确定位的问题变得更加困难的是 γ 射线暴的持续时间十分短暂；也就是说，从卫星探测到 γ 射线事件到将空间光学望远镜（比如哈勃空间望远镜）对准它拍摄深度照片，留给我们的时间十分短暂。

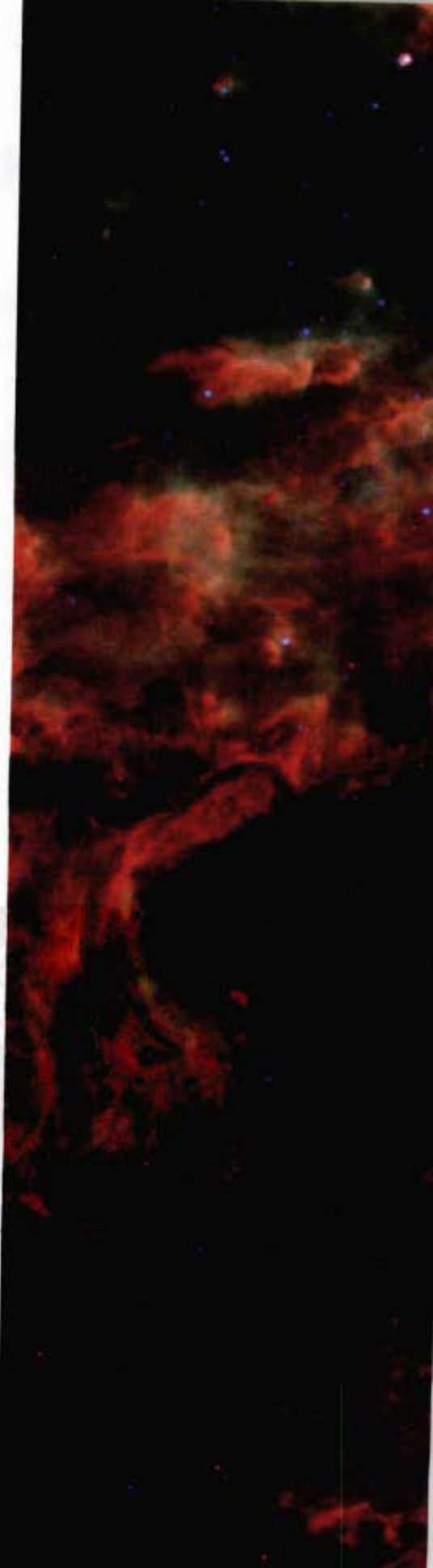
意大利和荷兰合作制造的贝波·萨克斯卫星取得了重大突破，并于1996年发射升空。它能够鉴别 γ 射线暴，并能给它们在天空非常精确地定位，这意味着这些闪爆能够用地基的强大望远镜即时追踪。1997年2月28日，贝波·萨克斯卫星检测到猎户座里的一个 γ 射线暴（编号为GRB970228）。在几个小时之内，人们就拍到了一张X射线像和几张光学像，它们显示原来的源急剧变暗。爆发的结果表明，这次爆发是在一个暗淡的远距星系里发生的。由于贝波·萨克斯卫星能提供 γ 射线暴的精确预警，人们随后发现了几个类似的余辉，这些余辉能在持续几天至几星期的时间内在X射线和可见光波段看见。设于夏威夷的10米口径凯克望远镜和哈勃空间望远镜不断累积的观测数据已证实， γ 射线的爆发位于遥远的星系之内，其中有些超过100亿光年。

γ 射线暴如此遥远，但仍能在空中显得很明亮，这一事实表明它们一定释放惊人的能量。虽然每次闪爆持续不过几秒钟，所释放的能量却数百倍地大于超新星爆发所产生的能量。显然， γ 射线暴代表一种极端的现象。解开这个谜团在于了解在它们所在的星系内究竟发生了哪一类过程。

寻根问底

人们面临的主要挑战是解释导致这些巨大的能量辐射的周围环境。根据由贝波·萨克斯卫星观测

✎ 恒星高产区——剑鱼30星云的内部，由哈勃空间望远镜拍摄。剑鱼30星云位于距离地球17万光年处，本图右上方闪闪发光的是壮丽的亮星星团。这个星团称为R136，包含几十颗已知的质量最大的恒星，其中一些的质量是太阳的100倍，而温度则高达10倍。这些引人瞩目的恒星的死亡可能标志着强烈的 γ 射线暴





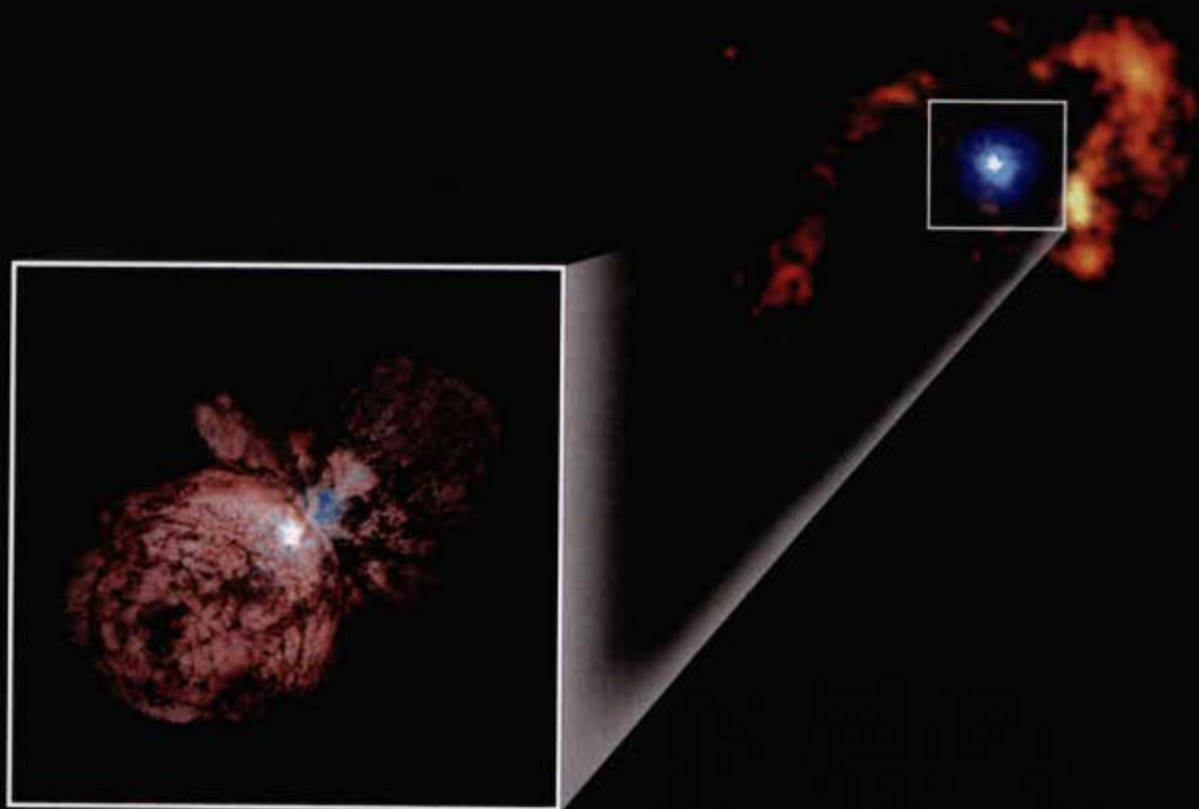
到的爆发和余辉的光学像，人们分析了 γ 射线暴的组成，它有一次以接近光速膨胀的剧烈的爆发，伴随着爆发的进行，物质不断冷却。为这种激烈爆发提供能量的确切能源仍是难解之谜。下面考虑两种当前仍有争议的观点。

第一种观点认为 γ 射线暴的最惊人的强大的源是称为“特超新星”的某种天体。它本质上是超新星爆发的特大规模的翻版。前面我们已经看到超新星爆发是质量很大、寿命较短的恒星灾变性死亡的标志。特超新星与星系中最活跃的恒星形成区有关，宇宙中质量最大的恒星在引力作用下的死亡触发了它的爆发。有人估计，特超新星爆发释放10倍于正常超新星爆发的能量，并认为由于以接近光速运动的物质火球相互撞击并与周围稠密气体的屏障撞击而产生了 γ 射线。位于距离地球2500万光年之外的巨大的风车星系（也称M101）的X射线像，为这种解释提供了观测证据。天文学家认为找到了在这个星系里留下了的两个特超新星爆发的遗迹。这两个遗迹非常抢眼，因为它们具有强烈的X射线辐射并有着巨大的膨胀气体壳层。其中一个遗迹广度超过850光年，是目前所发现的最大的膨胀气壳；另外一个遗迹的气壳还在以超过每小时36万千米（每小时22.5万英里）的速度向外膨胀。关于特超新星还有许多情况有待发现和了解，但是它们可能是自大爆炸以来最剧烈的爆发了。看来它们是已知的恒星死亡中最壮烈的景象，这让它们成为 γ 射线暴的可能来源。

另一种观点有点独特，认为某些 γ 射线的闪爆可能与中子星相关。我们回顾一下，中子星是大质量恒星在超新星爆发中留剩的星核产生的。成为中子星的核快速自转，极其致密，以致它的大小仅相当于一座城市！中子星也有非常强的磁场，它的内部由具有奇特的电性和摩擦性的物质组成。令人惊奇的是，这种星中侏儒也有很薄的外壳，而且据推断它有震动，类似于地震，由强磁场驱动，使外壳起伏不平。这导致高速荷电粒子喷流的喷射，于是产生 γ 射线。

科学家相信中子星之间难得的碰撞也能够引发 γ 射线暴。这种理论认为有些中子星是双星系——其中一对坍缩恒星相互高速绕转——的成员，往往在1秒钟内环绕几百圈。密近的轨道进一步收缩，两颗高密度的恒星终于相互盘旋着撞在一起。通过某些尚未完全探明的机制，来自两颗恒星相撞的巨大能量转化为 γ 射线暴。

新一代 γ 射线望远镜将能保证我们对这些惊人的爆发有更深入的了解。



大质量超巨星船底 η 注定将在今后几百万年内毁灭。这个非同寻常的天体产生时的质量超过100太阳质量，可能是导致强烈的 γ 射线暴的特超新星爆发的候补者。光学像（中央的左边部分）展示了膨胀气体壮观的气泡，它表明船底 η 的不稳定状态。钱德拉卫星在X射线波段也对这一湍动外流的内部区域进行了拍照。以超音速传输的物质产生了惊人的激波，把周围气体加热到几百万度。

第15章 | 大尺度图像

天文学是一个迅速发展的研究领域，是力图了解星系如何在整个宇宙内分布。最新一代的大型望远镜正在测绘深广达几亿光年的范围内的大量星系的分布情况，目的在于了解宇宙的大尺度图像，并阐明宇宙早期的演化。我们将在本章说明天文学家测绘星系的三维分布所采取的步骤。

我们已经看到，星系绝少孤立存在，而大多往往位于星系团或星系群内，它们由相互之间的引力束缚在一起。这类星系团又能自行按大小形成等级式的集群。我们的银河系属于一个约有40个星系的小星系团的成员，它称为本星系群，幅员达几百万光年，然而富星系团能包含几百个星系。靠近我们的最大的星系团是室女星系团，它是以我们看它所在的星座命名的。这个星系团包含超过1000个星系，广度超过1000万光年。令人惊诧的是，太空中甚至还有更大的星系集群，名为MS1054-0321的星系团便是最极端的例证之一。它位于距离地球大约80亿光年处，这已回溯到宇宙当前年龄一半的时代，它包含几千个星系，每个星系内聚集着几十亿颗恒星。除了大量暗物质以外，这个星系团也包含一些从未研究过的最炽热的气体。通过X射线观测，人们已经获取了巨大的星系际气体云的像，它们被加热到1.5亿°C（3亿°F）。这么巨大的星系团在宇宙演化的这么早的阶段已经面世，这在宇宙学中有很重要的意义。

宇宙尺度上的最高等级由超星系团确定，它代表几百个星系团的集群，跨越的距离达1亿光年。例如，本星系群和室女星系团都是巨大的本超星系团的成员。超星系团形成了复杂的网络，弥漫于整个空间，成为宇宙大尺度结构的特征。

巡视宇宙

为了更广泛地了解宇宙的大尺度结构，天文学家已经启动了几个令人深刻印象的计划，旨在对5亿光年范围内的数量巨大的单个星系进行巡天观测。2dF星系红移巡天计划便是其中之一，这是一个由多国天文学家展开的大规模国际合作项目。为了构筑宇宙的三维图像，2dF星系红移巡天计划已经测量了25万个星系的位置和距离。



7 星系的小步舞。在以几亿年为周期的漫长岁月中，四个星系在引力的束缚下以优雅的步伐彼此绕行。我们的银河系也与此类似，与“本星系群”的其他成员跳着小步舞。本星系群由约40个被引力束缚着的星系构成

2dF星系红移巡天计划的研究以及其他类似研究项目的结果令人震惊。它们揭示了宇宙具有“海绵状”或“气泡状”的结构，大星系团排列在薄薄的羽片或长长的纤维之中。在超星系团的羽片和纤维之间，散布着巨大的空洞，其中罕有可检测的发光物质，典型的跨径是几亿光年，已知跨径最大的是牧夫巨洞，其直径达4亿光年。这些巨洞是星系测绘图上的主要特征，并占据了空间的90%。宇宙学的最大挑战之一是阐明这些巨大结构的起源。

广泛的星系巡天已经揭示了一些真正奇特的天体。在宇宙中已知的单个结构之中，有一个星系构成的羽片状结构，称为长城。长城位于距离地球2.5亿光年处，有5亿光年长、2亿光年宽，但是厚度只有2000万光年。这个庞然大物由超星系团构成，质量相当于太阳的1亿亿倍。另一头怪异的巨兽名为巨吸引子，是一个神秘的天体，它显然正在吸引着宇宙一角的几百万个星系，其中包括（我们银河系位于其中的）本星系群和其他（诸如室女星系团之类的）邻近星系团。巨吸引子在半人马座的方向上，位于大约2.5亿光年之外。星系被拖曳着以每小时36万千米（每小时22.5万英里）的速度扑向它的怀抱。这个速度表明这个巨大的不可见质量可能包含10倍于在那个方向上所有可见物质的质量。

这些令人难以置信的结构和它们的运动不能解释为宇宙整体膨胀的局部因素。星系的巨大片状结构和邻近的巨洞实在太太，不能由引力的直接作用创造出来。尽管宇宙已有140亿年的年龄，但就引力而言，它还不足以在宇宙有生之年以内单枪匹马地集中普通物质并把它们分布到如此巨大的纤维和巨泡的结构中。从宇宙的最早期起，迫使物质进入这一大尺度结构的行动计划必然已经到位。

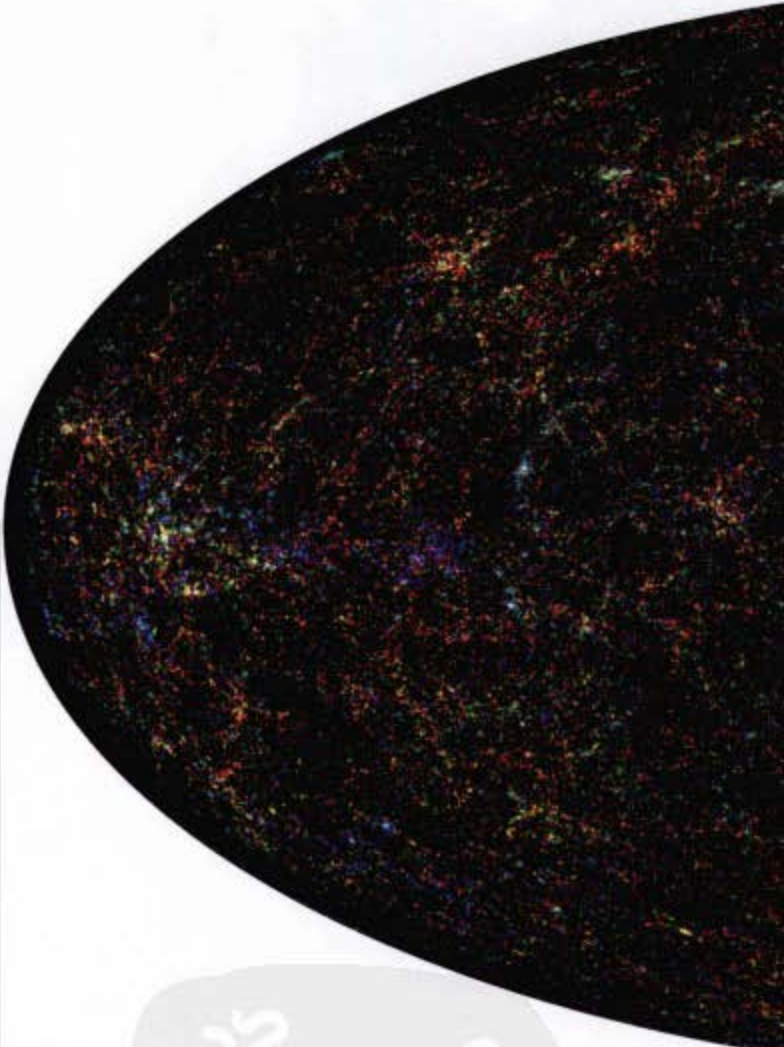
80亿光年之外的X射线像，由钱德拉卫星拍摄。它展示了在宇宙历史的这一早期阶段从未观测过的最大质量的星系团。紫色渲染部分表示7000万℃（1.6亿°F）的炽热气体，包含于总质量为200万亿太阳质量的星系团之中



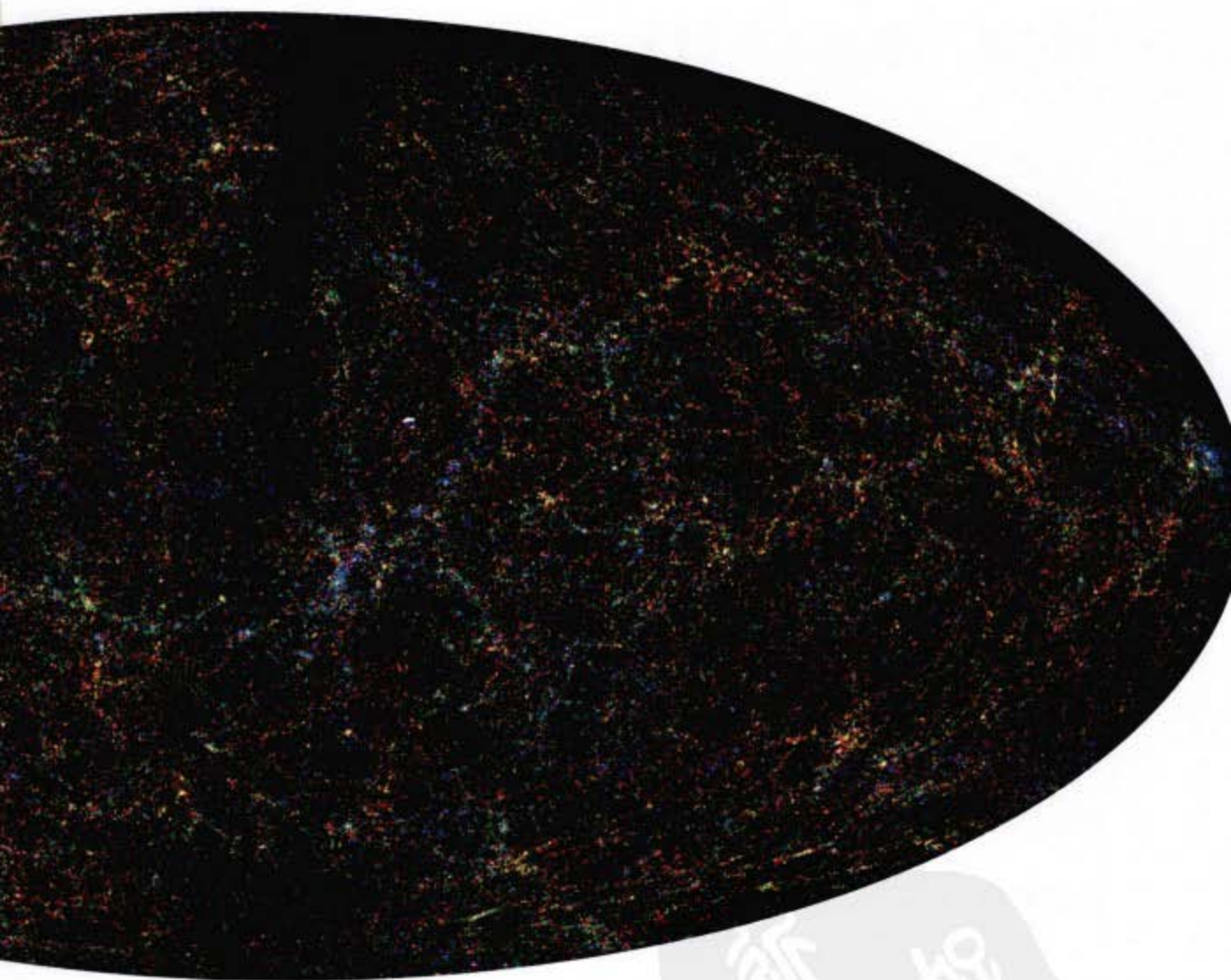
从种子长大

为了解释宇宙的大尺度结构，天文学家利用超级计算机进行模拟计算，旨在模拟不同种类物质对宇宙结构的综合影响，这些物质在大爆炸后的早期可能已经存在。两种基本类型的暗物质得到了特别的应用，两者都与亚原子的性质有关。第一种是“热暗物质”，它由比电子远轻得多的粒子构成，例如我们在前面描述的中微子。如果在计算机模型中包含过多的“热暗物质”，将产生诸如超星系团和巨洞之类的大尺度特征，但产生的我们已观测到的更小结构却数量不足。另一种成分是“冷暗物质”，由更重的粒子组成，它们更容易产生小尺度结构，包括单个星系。通过调整这两类暗物质的混合比，有可能模拟早期宇宙中物质局部集中增大的过程。在空间许多小区域内，物质密度上的起伏起了种子的作用，它们在几十亿年里随着宇宙膨胀而长大。模拟计算对这种演化的预测与广泛的星系巡天观测提供的大尺度结构的实际图像比较良好地符合，这是令人鼓舞的。

当前得到认同的图景是宇宙受暗物质主导，单个星系在



由基于卫星的2微米全天巡天计划所得到的全景图像，展示了全天所有方向上超过100万个星系的分布情况。最亮和最近的星系用蓝色表示，最暗和最远的星系用红色表示，从而为宇宙三维大尺度结构提供了直观图示。可以看到，宇宙三维大尺度结构表现为（星系的）纤维状图形，由巨大的黑暗巨洞（没有任何星系）所包围



其中首先形成。它们随后集结成为星系团和超星系团，而大部分暗物质集中在巨大空洞内。然而，还有大量工作有待去做，以深化我们对宇宙结构的了解。说实在的，人们认为构成冷暗物质的一些粒子还没有检测到。不过我们毕竟已进入了一个新时代，新的大规模巡天观测项目提供了几百万个星系的三维位置。这些项目必定会提出新的一览图、更奇特的天体和关于大尺度结构的更新的理论。

第16章 | 超速运转的宇宙

也许天文学家近来最惊人和最神秘的发现之一与宇宙膨胀的方式有关。通过研究十分遥远的恒星爆发，科学家找到了证据，表明我们生活在膨胀速度越来越快的宇宙里。最新的发现与标准大爆炸起源论所预言的相反，并释放了一个称为“暗能量”的神秘能量形式的幽灵。

20世纪20年代，爱德温·P·哈勃（Edwin P. Hubble）发现星系远离我们而去，而且彼此也在分离，这就意味着宇宙整体上正在膨胀。这一基本观测为大爆炸宇宙模型提供了直接的支持。从那时以来，宇宙学家一直在寻求回答两个关键问题：膨胀将持续多久？膨胀以什么方式进行？直觉告诉我们，随着140亿年前宇宙在剧烈的事件中被首次推动之后，引力将终究开始把物质往回拉，使星系减速、宇宙膨胀趋缓。无论如何，有几十亿个星系向它们周围的空间作用着引力，因而顺理成章地可以期望或假设它们将对宇宙膨胀起反作用。因此，科学家试图测量膨胀趋缓的程度。然而，与他们的期望相反，事实上他们最近关于宇宙膨胀速率的发现完全出乎意料，而且可能得到极其不同的结果。

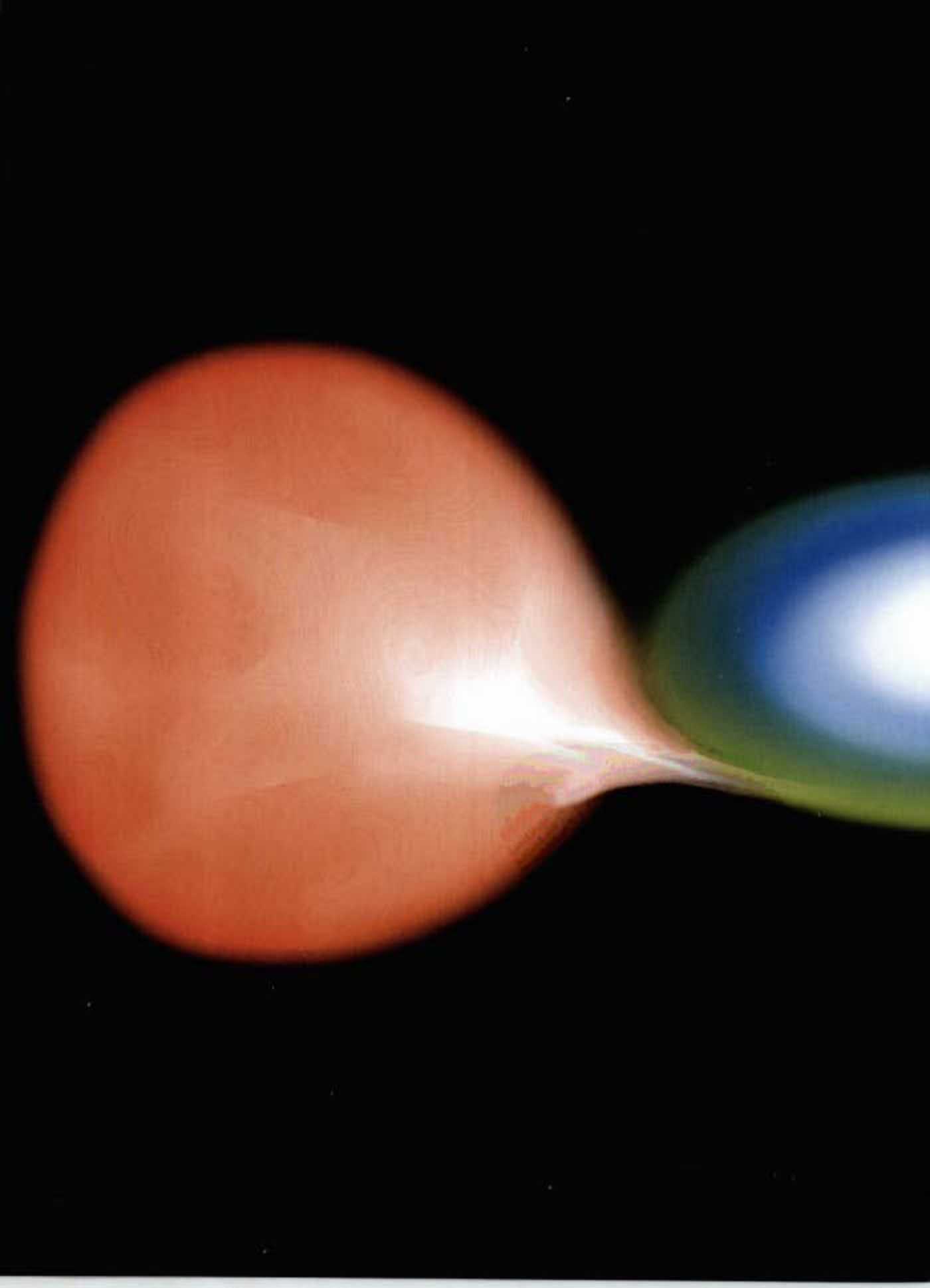
灯塔和灯泡

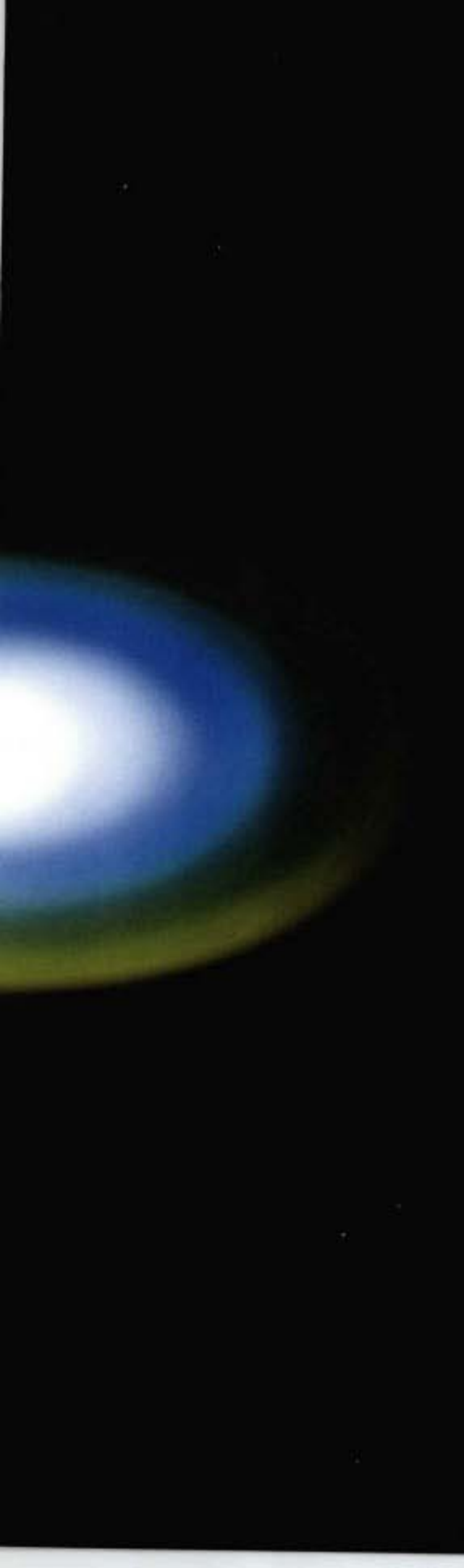
要研究宇宙膨胀正在如何变化，必须记录来自最遥远的星系的光线。由于这些光线经过上百亿年才到达我们这里，因此我们正在观测的是宇宙极年轻时出现的星系，在那里宇宙只有当代年龄的一个零头。如果引力确实使宇宙膨胀变慢，那么在我们与遥远星系之间的距离将比膨胀保持常速的情况下要小，而且星系将因而显得更加明亮，因为它更接近我们了。我们可以设想两辆相同的汽车在同一交通信号灯下同时驶出。在前10秒，两辆汽车以相同的速度前进，但是在后10秒，其中一辆慢下来，而另一辆则继续保持原速前行。在20秒结束时，慢下来的那辆车自然更接近起点。结果，在慢下来的那辆车看来，后面的交通信号灯将比保持常速的车看到的交通信号灯更亮。

困难在于发现上百亿光年之外而其距离又能够非常精确地测定的天体（以便能够在假定一定的宇宙膨胀速度的情况下预测它们应该显得多亮）。我



7 这幅由哈勃空间望远镜拍摄的NGC4526星系像的左下方可见一颗Ia型超新星爆发。星系（和超新星）位于距离地球1.08亿光年处。在一个短暂的时期里，超新星的亮度能与整个星系相比





们需要一座总是有相同的输出功率的光的灯塔，天文学家称之为“本征亮度”。这样，简而言之，天体看上去越暗淡，它的距离一定更遥远。幸好有一种称为“Ia型超新星”的特殊类型的爆发恒星可以帮助天文学家。

迄今为止，我们所谈及的超新星爆发称为“II型超新星”，当最大质量恒星一旦耗尽所有可能的核聚变能，这就标志着它们的毁灭。然而，有另一种恒星爆发的方式。在这种不同的情况下，一颗死亡中的白矮星正在从一颗非常靠近的伴星（比如红巨星）把巨量气体拉向自己。结果是白矮星的质量变得过大，不再能抗衡引力支撑自己，从而发生大规模的热核爆发。在短暂的时间里，恒星的亮度成十亿倍地增大，然后在几周到几个月的时期内逐渐暗淡下来。这称为Ia型超新星。在它的毁灭性演出的高潮，显得与整个寄居星系一般明亮。因此Ia型超新星是宇宙内远距离的卓越灯塔，其突出优点是我们可以认为所有Ia型超新星是十分相似的。它们就像瓦数相同、令人难以置信的强大、一模一样的灯泡。问题在于这类爆发相当罕见，要求监测Ia型超新星的研究人员去发现它们并研究它们光线的变化。

宇宙正在加速

过去几年里，一些天文学家团队应用大型望远镜对位于十分遥远星系内的Ia型超新

一个能导致Ia型超新星爆发的双星系的假想图。右端的致密白矮星正在通过旋动的盘从左端的正常巨星拉进物质。流向白矮星的物质吸积会导致壮观的热核爆发，这能在很遥远的星系内检测到

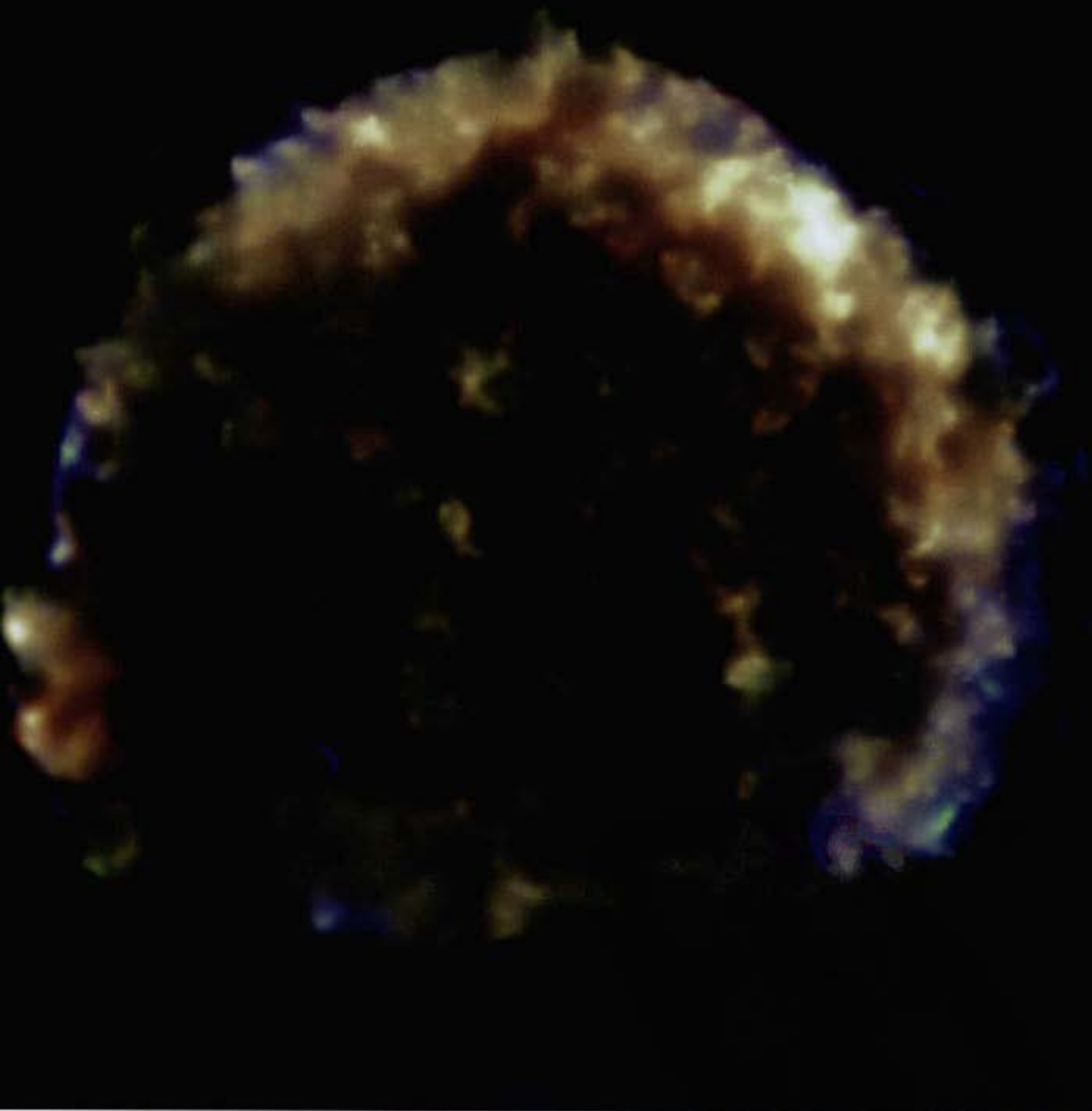
星进行测定。最遥远的一些在超过100亿光年之外爆发。

人们曾经预期，由于包含于宇宙之内所有物质的引力作用，今天的宇宙膨胀正在逐渐变慢。超新星探测计划带来了出人意料的惊奇，Ia型超新星比人们预料的更远。古老的超新星并不因宇宙正在减速而显得更加明亮，反而比预计的还要几乎暗20%。这意味着宇宙的膨胀在过去几十亿年里曾经加速。今天宇宙的转速在加快，它的膨胀在加速，因此地球与包蕴恒星爆发的星系之间的距离在增大——而不是减小。让我们回到两辆汽车驶离交通信号灯的例子中去。现在设想其中一辆汽车不是在10秒之后慢下来，而是在10秒后加速。这样，它在20秒结束时比另一辆汽车跑得更远，现在回望交通信号灯当然显得更暗。超新星的观测也表明，在宇宙大爆炸后起初的减慢与随后的加速之间曾经发生过转变。精确地确定这个转变的时期需要更多的数据，但是当前的估计认为这个时间是宇宙处于其当前年龄的1/3时。

一种神秘的力

Ia型超新星比原先预计的更远得多这一事实引发了一个问题，即：是什么力正在推动万事万物比在宇宙早期更快地分离？没有人切实知道答案，科学家提出了几种不同的理论和观点。一种引起普遍争论的观点认为宇宙的加速增大正在由一种称为“暗能量”的神秘能量形式推动着，不过几乎没有任何线索去鉴别它，而且它肯定也不发射任何光线。能量的这种非同寻常的形式必然弥漫于整个宇宙，并正在起着抗衡引力的作用。这是一种斥力，类似于宇宙的反引力，它能克服远距离上物质之间的引力，因而加速宇宙的膨胀。天文学家认为宇宙几乎70%是由暗能量组成的，这意味着它确实不能被忽视。这样，要了解宇宙的命运就要求了解暗能量，确定其性质和起源的探索正在进行。要回答的最重要的一个问题是，暗能量是否不随时间而变；如果它保持原样，那么宇宙将肯定继续永远膨胀。

解开这些谜团要求开展跨学科的协作，包括宇宙学和粒子物理学。看来暗能量不可能在实验室里制造出来，至少在不久的将来是不可能的，所以关于它的本质的最透彻、最直接的线索毫无疑问将来自对宇宙的深入观测，从揭示遥远的超新星，到探测宇宙微波背景辐射中复杂的温度分布图像。暗能量的存在甚至还可能冲击一些基本常数，例如引力的强度，导致这些常数随时间而变化。



✎ Ia型超新星爆发的湍动的残留物，由钱德拉X射线卫星拍摄。这颗超新星由天文学家第谷·布拉赫于1572年首次观测到。这一恒星遗迹距离地球只有7500光年，相比在100亿光年之外探测到的类似的爆发（这次爆发为我们提供了宇宙加速的证据）而言，它显然十分靠近我们



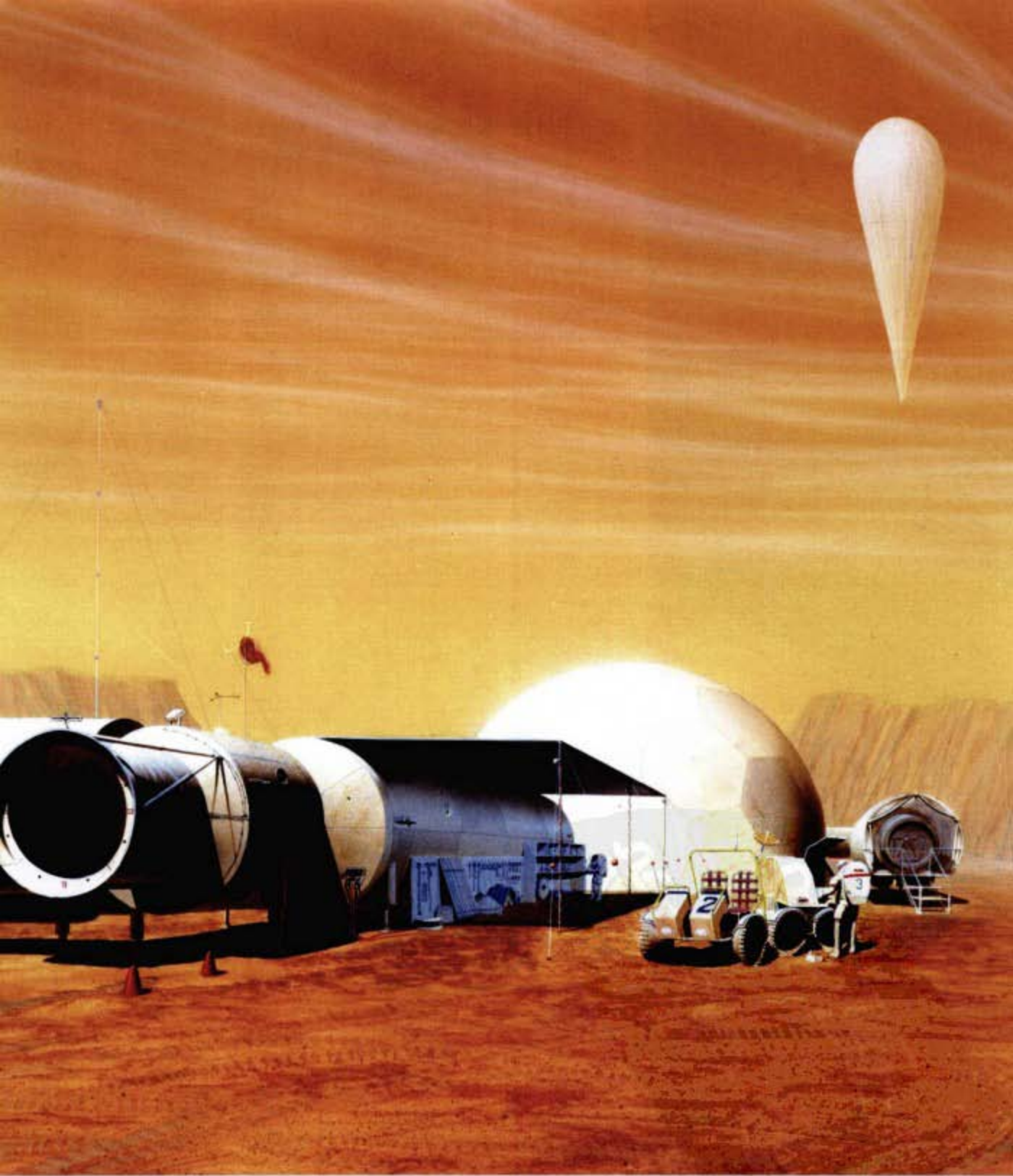


✍ **韦伯空间望远镜：**美国宇航局哈勃空间望远镜的强大后继者——詹姆斯·韦伯空间望远镜的假想图。它预期于2011年开始运行

第 5 篇

展 望





7 火星上永久基地的假想图。在火星上建立永久基地，是美国宇航局和欧洲空间局当前已经提出的激动人心的目标。对于到这颗红色行星开展载人探测的可行性研究现在已经启动，前哨站的基本组成部分可能包括居住舱、探测车、发电站和水泵站



本书介绍的引人入胜的探索 and 发现拓展了我们对宇宙的认识，但是还留下了许多令人迷惑的基本问题有待回答。我们始终无法回避的，是我们必须加深对宇宙怎样从大爆炸到形成我们的行星的了解。因此，我们必须对宇宙及其组元，包括神秘莫测的暗物质和暗能量，进行深入的巡天观测。

天文学家将致力于深入观测第一批恒星和星系形成的天区。他们期待着不仅能阐明恒星的生命史，而且还能阐明巨行星和类地行星的生命史，从而为摘取天文学皇冠上的明珠——获得关于地外生命的毫不含糊的证据——迈出坚实的一步。宇宙就在我们眼前，这是探索自然规律的唯一实验室。我们认识的提高，与我们探测来自太空最暗淡、最遥远光线的能力紧密联系。未来几十年内要在天文学领域取得更大的进步，就必须进行令人振奋的技术革新，以便建造大得难以想象的新型望远镜和灵敏的仪器设备。现在，新的天文台正在设计之中，它们有能力将我们对宇宙的了解——从星系、恒星的演化到太阳系外行星大气中生命的迹象——推进一大步。本篇将介绍下一代大型地基望远镜和空间探测计划。

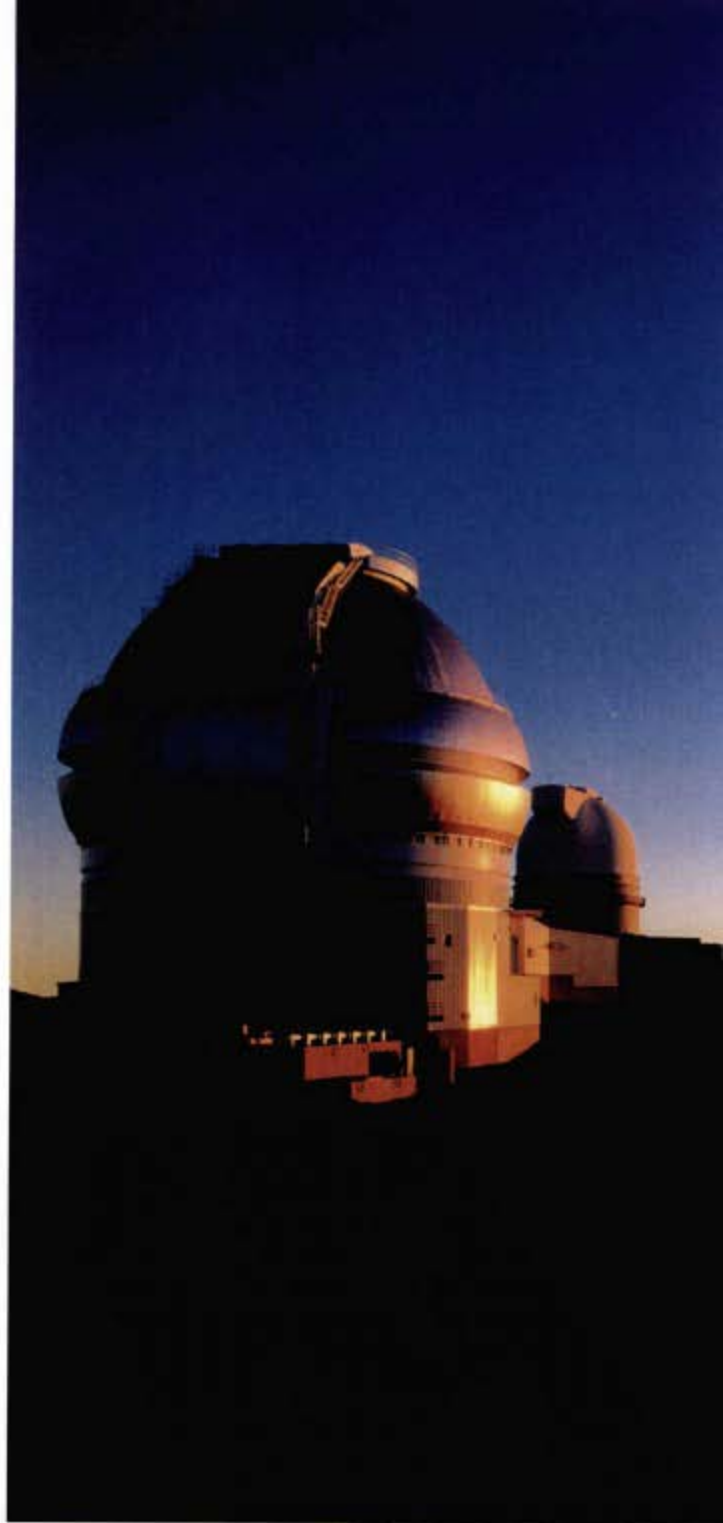
第17章 | 巨型望远镜

天文学基本上是一门观测的科学，而它的主要仪器是望远镜。当前一代首要的望远镜，在电磁波谱的宽广波段上运行，提供了对宇宙的极其深入和遥远的景象。望远镜本质上是“光线漏斗”，它的主要功能是尽可能多地收集光子。这就是说，望远镜的直径越大，也就越好——巨型望远镜收集更多光线，这使得天文学家能非常深入地研究亮天体，也能记录最暗淡和更遥远的目标。地球上当代望远镜的典范包括：夏威夷州莫纳·凯亚岛上的10米（11码）直径的凯克望远镜，在智利的欧洲南方天文台的一组8米（9码）望远镜等。诸如哈勃空间望远镜等高度成功的空基天文台在避免地球大气扰动效应上具有决定性的优势，还有能力采集在到达地面前被严重吸收的不可见的辐射。

研制新一代望远镜的卓越计划已经提出，这些望远镜能极大地推进我们对空间的知识。我们特别来关注哈勃空间望远镜的令人振奋的后继者和100米（109码）直径的地基望远镜的巨人。

哈勃空间望远镜的后继者

哈勃空间望远镜拍摄的精美照片改变了我们瞻望宇宙视野，现在它被称为迄今为止最成功、最先进的轨道望远镜之一。然而，这台高产的设备只能指望继续运行到2007年或2008年，连续工作将近20年。因此，天文学家已经开始设计它的后继者，它将更大，光力更强。





➤ 坐落于美国夏威夷州莫纳凯亚岛的山峰上的双子座北方望远镜。这是当前一代的8米（9码）直径望远镜。下一个十年计划中的几台望远镜将使双子座望远镜相形见绌，它们的集光能力将极大地提高





哈勃空间望远镜的巨大成功，在很大程度上要归功于它的照相机、光谱仪和其他部件能够由到访的航天员更新。这是2002年3月的一个场面，美国宇航局哥伦比亚号航天飞机的航天员在7小时的太空行走中正在为哈勃空间望远镜安装新的太阳能电池板。

新的望远镜已经命名为詹姆斯·韦伯空间望远镜（JWST），以纪念詹姆斯·E·韦伯（James E. Webb）——美国宇航局1961～1968年的领导人。詹姆斯·韦伯空间望远镜的最重要目的，是观测宇宙中产生的第一批恒星和星系。它将瞄准宇宙历史上的一个关键时期，当前我们对这一时期知之甚少，因此称之为“宇宙的黑暗时期”。这一时期的跨度是在大爆炸后的一百万年至数百万年，正是在这一时期第一批恒星和星系开始形成。哈勃空间望远镜之所以还不能探测处于这一时期的远距离天体，是由于这些最年轻的恒星和星系发射的光线在波长上发生了漂移，从可见光波段（这正是哈勃空间望远镜主要接收的波段）移到了红外波段。这种光线颜色上的漂移（称为红移）是由宇宙从“黑暗时代”到现代的膨胀时期造成的。詹姆斯·韦伯空间望远镜将能在红外波段进行探测，这也能使它直接探究空间正在发生的其他几个重要的过程，例如星系在几十亿年里演化的途径和行星形成的方式。

詹姆斯·韦伯空间望远镜是极其精密的，早在2003年7月，由来自美国、加拿大和欧洲的科学家和工程师展开国际合作，开始了詹姆斯·韦伯空间望远镜的研发。詹姆斯·韦伯空间望远镜的直径达6米（20英尺），而哈勃空间望远镜的口径是2.4米（7.9英尺）。为了能在红外波段顺利运作，就必须消除詹姆斯·韦伯空间望远镜本身的热量产生的红外辐射，因此它的仪器和探测器在整个计划运行的5～10年期间都必须冷却到-223℃（-370°F）。与哈勃空间望远镜不同，詹姆斯·韦伯空间望远镜将不需要由航天飞机渡运的航天员对它作定期操作，因为它将运行在相当遥远的轨道上，离地球约150万千米（94万英里）。只要资金及时到位，重达5400千克（12000磅）的詹姆斯·韦伯空间望远镜将由中等大小的火箭在2011年前后搭载升空。

詹姆斯·韦伯空间望远镜将采用最先进的技术，从而具有卓越的成像本领。这种本领与强大的集光能力和太空黑暗而稳定的环境相结合，必将使詹姆斯·韦伯空间望远镜成为一种惊人的新设备。天文学家正热切期待着它去揭示宇宙奇观。

特大望远镜

当代最雄心勃勃的计划是建造一台新的地基望远镜，它的口径将达100

米（109码）。它称为特大望远镜（别名OWL）（这是Overwhelmingly Large Telescope的缩写，owl的意思是猫头鹰，比喻夜间活动视力极强——译注），它的集光能力将是今天正在应用的主要望远镜的惊人的100倍。这台由欧洲南方天文台计划建造的令人侧目的仪器将标志天文学的革命。

建造者们面临的一个严峻挑战是制造特大望远镜所需的口径100米的主镜，它的大小接近一个足球场，不可能采用单块浇铸的方式，而将利用2000多块六角形的镜面“拼接”组成，其中每一个组块不大于2米（2码）。这些六角形的镜面后面，装有复杂的传感器系统和压力衬垫。传感器和衬垫的调节受计算机控制，以保持整个主镜的良好形状。

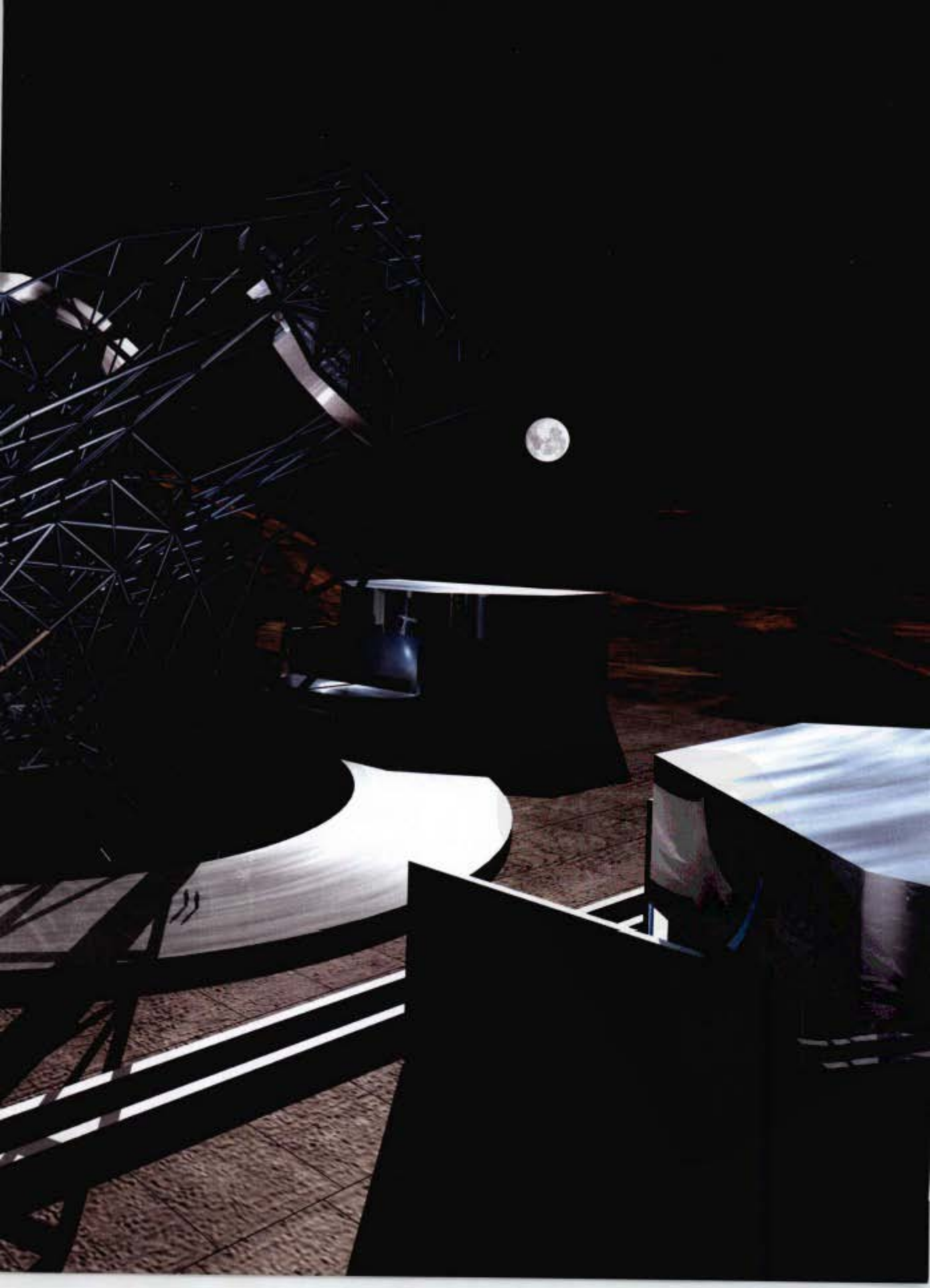
所有地基望远镜的最大障碍之一是不论它们口径有多大，地球大气总是有影响。通过大气湍动去观测天体，看到的图像细节会受到损害，这就是为什么放到太空轨道上的望远镜有那么大的优越性，哈勃空间望远镜已充分展示了这一点。特大望远镜为了克服大气的扰动效应，将采用所谓“自适应光学”的先进技术。自适应光学能从根本上消除大气的湍动效应，它应用来自一颗亮参考星的光线或投射到天空的激光束，为大气扰动如何影响成像提供指南。这些信息将很快传输到另外安装的小镜片上，它的形状可以改变，以补偿扰动的损害。这种先进的自适应光学系统是特大望远镜建造计划能否成功的关键。

人们期望特大望远镜能为天文学家开拓观测宇宙中最遥远天体的前所未有的视野，并以高于哈勃空间望远镜40倍的清晰度揭示恒星和星系的细节。它将检测最遥远的超新星爆发，在宇宙的更大跨度上树立距离标尺。在近处，它将让科学家以我们当前研究太阳的方式，研究其他恒星的表面区域。人们也希望特大望远镜能了解太阳系外行星的化学成分提供新的着眼点，并为探索太阳系外支持生命的环境作出贡献。

然而，辉煌的目标不会轻易达成。欧洲南方天文台估计建造特大望远镜将花费约10亿欧元（超过10亿美元），目前力图筹措这笔资金的国际合作已经展开。但科学家和工程师们对成功建造这架巨大的望远镜充满信心，并预期它能在2015年开始提供首批精美绝伦的图像。

宏伟的100米直径的特大望远镜的假想图。这台欧洲南方天文台计划建造的新望远镜将于2015年开始提供行星、恒星和星系的精美图像





第18章 | 太空中的伟大革新

詹姆斯·韦伯空间望远镜和特大望远镜显然是未来十年之内的重大新设备，然而它们主要立足于现成的观念和技术。事实上，有一些更大的计划正在进行中，它们将面临严峻的挑战，并要求最复杂的革新。

本章将讨论两项专门的探测计划，它们的共同理念是把来自散布于太空广阔距离上的一个编队的探测器的信号结合起来。这种精巧的技术称为“干涉测量”，能提高望远镜的分辨本领，也就是识别最精微细节的能力。如果作为探测器的望远镜能以这种战略性的方法去使用，它们的综合能力将极大地提高，相当于一台直径等于单台探测器之间距离的巨型仪器。

探测遥远的地球型行星

迄今为止所发现的环绕其他恒星运行的100多颗行星，全部都是类木星的气态行星，既没有固体表面，又没有液态水。未来意义重大的目标是发现能够支持生命的类地球行星。欧洲空间局现在正在计划一项鼓舞人心的探测任务，这项探测任务以英国生物学家达尔文命名，其首要目标是探测和分析环绕邻近恒星的、能够支持生命的行星。这项计划将发射6台望远镜，每台口径1.5米（5英尺），由欧洲空间局的52米（57码）高的阿里亚纳5号火箭运载，它最后的运载量设计为12吨。这些望远镜将在距离地球150万千米（100万英里）的遥远轨道上运行，整体以圆形构形布局，相互之间相距50米（55码）。一艘位于中心的六边形飞船将收集并综合来自6台望远镜的光线，这样就能提供比其他空基望远镜分辨率显著提高、更加清晰的像。6台望远镜之间将用激光束照准，以使整体构形保持正确的排列，其精确度达到1/1000毫米。达尔文计划的一大优点是它将在红外波段而不是在光学（可见光）波段运作。它的好处在于，当一颗类太阳恒星强烈照耀一颗类地球行星时，在可见光波段比后者的光强10亿倍，而在红外波段跌落到只强100万倍，这使得探测行星略微容易。

达尔文计划的目的是对最邻近的1000颗恒星进行巡天观测，以猎获以前未曾见到过的小的岩态行星。这一干涉仪型仪器的不可思议的灵敏度将能让天文学家获取类地球行星的第一批光点般的像。在发现类地球行星的光线之后，随后摄谱仪将对行星大气的成分进行分析，把光线分解为各个波长的分



欧洲空间局达尔文探测计划的望远镜假想图。这项令人鼓舞的计划与美国宇航局的类地行星搜寻者等其他计划的主要目标，是搜寻并分析来自环绕遥远的类太阳恒星运行的类地球行星的微弱光线

量。用这种方法能够更深入地分析存在于大气内的气体，从而有可能据此确定是否有生命存在。例如，行星大气中存在氧气就是一种关键的判据，因为以碳为基础的生命是向类地行星的大气内源源不断地输送这种元素的已知的唯一来源，例如氧气便是地球海洋中细菌光合作用的副产品。氧以臭氧的形式存在，也是生物活动的明显指标。不论这类生命迹象是在大量行星上或者根本就没有在行星上探测到，结果对于了解地球上生命的起源和发展仍将有意义。例如，如果发现了生命的化学征兆是普遍的，那么很可能这些遥远的世界正处于生命发展史上的各个不同时期，于是我们将可能区分各种生物化学特征，从而揭示早期的生命如何在几十亿年里改变了行星。确实，大量类地球行星的发现能让我们研究在我们自己行星上生命的进化进程。

达尔文计划中的望远镜最早能在21世纪第二个十年内升空，并将在太空飞行3年之后进入遥远的轨道。达尔文计划甚至可能会与美国宇航局正在考虑中的类似计划合并，后者称为类地行星搜寻者计划。除了发现类似地球的世界之外，从这些探测计划发展起来的技术将为更加雄心勃勃的空间干涉测量的设计铺平道路。这类设计将包括联结相距几千千米的单个望远镜之间的信号。

了解宇宙的新窗口

尽管我们关于宇宙的知识绝大部分基于我们通过望远镜接收的光线而获得，然而除了这扇窗口之外，空间还有其他有助于了解宇宙的窗口有待我们以新技术打开。最重要的新窗口之一，是直接探测恒星和星系发出的引力波。阿尔伯特·爱因斯坦（Albert Einstein）在构建他的广义相对论时预言，由于大质量天体使它们周围的空间弯曲，那么这些天体的任何运动都会产生扰动。他预言这些扰动会像穿越时空运动的波一样传播，很像把一块石子扔进池塘产生的波动。在空间的波动称为“引力波”，它们的检测体现了观测天文学未来的奇特领域。正如光线能够提供关于一个天体的温度和成分的信息，引力波携带着关于天体质量和运动的信息。人们预期太空中剧烈和高能的事件，诸如中子星和白矮星的并合、超新星爆发的后果以及碰撞星系中心黑洞的运动等，都会有强大的引力波。研究它们，能让我们更多地了解关于宇宙中引力的作用。

由时空波动产生的波是格外微弱的，事实上还没有检测到，这就推动人们制造新的精密探测器。在这一项由美国宇航局和欧洲空间局联合赞助的计划里，第一个将投放太空专用于检测引力波的探测器当前正在设计之中。空

间激光干涉仪天线（LISA）将搜索引力波，而且将以“正常”望远镜力不能及的独特方式探测宇宙。在这个激动人心的新计划里3艘宇宙飞船将构成一个等边三角形，每个顶点相距500万千米（300万英里）。宇宙飞船的位置将被非常精确地跟踪，以测量引力波经过的效应——引力波会造成扭曲，改变空间点的相对位置。每一艘相同的飞船中心安装一个小盒子，其内自由地浮游着一些小方块作为“测试质量”。这些小方块完全屏蔽了其他外界扰动，研究者将用激光技术精密地测定它们微小的相对运动，从而揭示引力波的作用。

空间激光干涉仪天线预计在2011年运载至距离地球5000万千米（3000万英里）处，以减小地球引力变化的影响。在预设的5年运行期内，它将在天空不同方向探测引力波源。除了验证爱因斯坦的理论之外，引力波的研究将提供关于空间极端引力区域内部的唯一信息，增进我们对于支配宇宙的基本物理定律的理解。

空间激光干涉仪天线空间天文台建议采用的三角形结构。这一新颖而具有挑战性的结构设计将检测来自遥远恒星和星系的引力波，从而打开一扇了解宇宙的新窗口



第19章 | 飞往恒星

在过去40年里，我们对宇宙的探测不仅基于大型望远镜的强大光力，也有赖于在太阳系内令人神往的宇宙航行——宇宙飞船造访了除冥王星外的所有行星。随着信心的持续增长和国际合作的开展，未来20年内我们将见证更雄心勃勃、规模宏伟的探测计划——从设在月球上的自动空间站、在木卫二钻探冰层下的海洋到向火星发送载人飞船。毫无疑问，这些都是复杂而艰巨的任务。它们要求创新的、改进的技术，也更热切期待新一代的智慧。对太阳系实施更宏伟的直接探测，终将给人类带来更激动人心的成就——发射向太阳系外最近的恒星进发的宇宙飞船。在本书最后一章，我们将目光集中到利用太阳帆的非凡的可能性，那将是推动宇宙飞船穿越超远距离的方法。

当前宇宙飞船所应用的推进技术存在的问题是严重依赖推进剂，在航程的前一阶段助推火箭在短时间内产生巨大的推动力，随后飞船依靠惯性飞向目的地。由于前行速度缓慢，而且火箭要承载大量燃料，因此这种方法并不适合远距离飞行。以往几年间的技术进步已经提出了未来火箭不用推进剂的可能性，将代之以太阳帆驱动。这一令人鼓舞的革新将利用太阳辐射作为飞船的主要推进源。随着飞船从地球发射升空，一张翼展达几百米的轻质巨帆张开，“捕捉”太阳辐射，不用燃料，由光子施加压力于帆上来提供动量，就像风推动船帆。人们预测太阳帆最终能够以达到今天的火箭推进系统5倍的速度飞行。通过应用高功率激光器作为短期的补充能源，帆的功能甚至还能增强。事实上，美国宇航局的科学家们已经在实验室做了微波和激光驱动帆的试验。

帆必须以高反射率的轻质材料制造，要能够抵抗电荷和高温。帆的制造技术已日臻成熟并正在研制中，例如在高强度碳纤维材料的向阳面镀上能反射的铝薄层。这样的一张帆就像一面巨大的镜子反射阳光，利用光子的动量推进飞船穿越太空。更大的工程挑战看来是要完成如何包装以及如何在空间展开和操纵这张帆。

现在看来，21世纪20年代末有望发射由太阳（和激光）帆驱动的星际探测器。一张宽度几乎达500米（1640英尺）的帆将在太空展开，它在飞近太阳从而获得来自太阳辐射的初始强劲推进力之后，将在几星期和几个月里逐渐



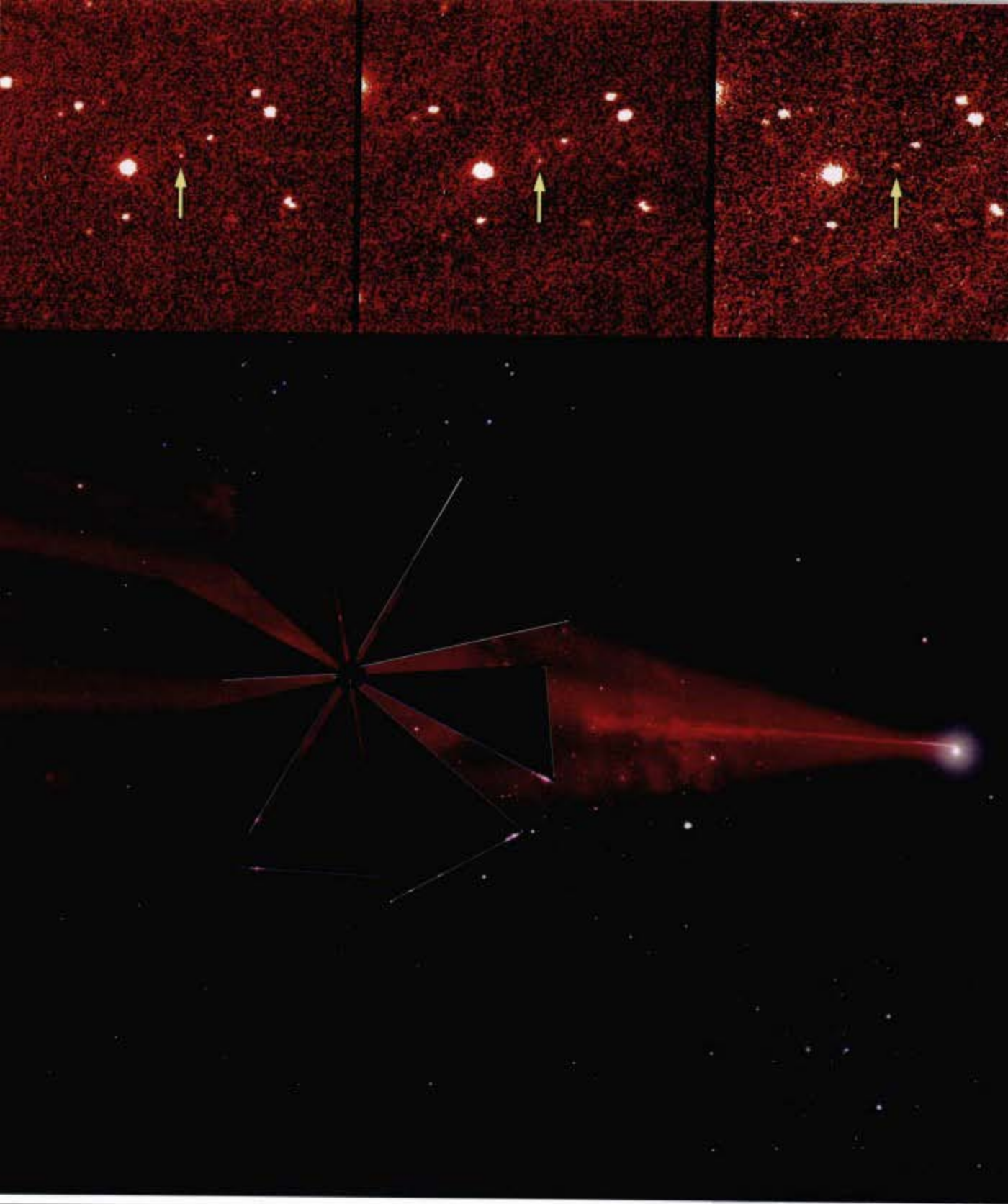
巨型新望远镜的研发肯定将在未来20年内拓展我们对宇宙的视野，但是最迫切的要求是研发能够加速飞向最近恒星的宇宙飞船。如果成功，无疑将增进我们对恒星世界的了解，正如空间探测加强了我们对手太阳系的认识

加速，最终将以每小时32万千米（每小时20万英里）的速度飞行。这次探测使命将仅历时8年，但穿越的距离相当于20世纪70年代末升空并探测木星和土星的旅行者1号在40余年内经过的距离。这样一个星际探测器能对太阳系的最外缘区域提供令人惊异的新资料，然后飞出太阳系，进入星际介质。该星际探测器的目标是在仅仅几年的巡航之后，便到达至少远达日地距离200倍的区域。由于它的航程已远远超出了冥王星，因此将能揭示大量关于太阳系历史的情况。首次深入探测奥尔特云更具有特殊意义，奥尔特云是伸展到几乎至最近恒星半途的冰态彗星的巨大仓库。最近发现的、称为塞德娜的类冥王星小行星，便是我们希望在奥尔特云里进行探索的天体之一。塞德娜在最远时距离太阳1300亿千米（800亿英里），这几乎是日地距离的900倍。塞德娜是迄今发现的最远距的太阳系天体，在地面的强光力望远镜里也只显示为一个微弱的光点。塞德娜的直径1700千米（1000英里），人们预期，当宇宙飞船穿行于奥尔特云时将能与更多的类似于塞德娜的天体相遇。

除了探索太阳系及其邻近区域以外，探测器还将是未来品类众多的宇宙飞船的先驱者。证明太阳帆是一种可靠的、高速的推进方法并广泛地推广运用，意义非常重大，因为我们马上就将有所回报——向未来的月球和火星前哨基地发送物资将更加容易。更进一步的宏伟目标是到达最近的恒星，第一个目标将是距离地球约4.5光年的半人马 α 恒星系。在诸如此类的雄心勃勃的计划实现之前，必须取得大量的、各种各样的技术突破，而不仅仅是使飞船充分自动化并发展超远距离的通信方法。今天各个研究中心的研究者们正在提出各种奇特的推进思想，从强大的太阳风帆到反物质的作用、修改引力和量子远程运输等。

未来的20年将开创人类探测宇宙的新前沿，同时将提出复杂的科学问题和哲学问题。目标明确的宏大的空间计划，赋予了下一代巨型望远镜最令人振奋的任务。所有这些伟大的进步和成就，将超乎想象地拓展人类对宇宙的认识。

由地面望远镜首次探测到的暗淡的类冥王星的小行星——塞德娜（箭头所指）的三张照片。（2006年9月，国际天文学联合会下属的行星委员会将它正式命名为Eros，中文译名为阋神星——译注。）这个天体与地球的距离是冥王星与地球距离的3倍，是当前已知的太阳系内最遥远的天体。未来的宇宙飞船将广泛地探测这些外圈的深空区域，预期将发现更多的类似塞德娜的小行星



➤ 由太阳辐射和高强度空间激光提供动力的轻质的帆，将能把未来的宇宙飞船加速到惊人的速度，从而使飞行到太阳系最外缘乃至飞出太阳系切实可行

小辞典

注：各条目按拼音排序。

(核)聚变 fusion (nuclear) 轻原子核结合成重原子核的过程，伴随着能量释放。

(类木行星)巨行星 jovian planet (giant planet) 与木星相似的大行星，它主要由气体而不是岩石或金属组成。

(太阳上的)米粒 granules (on Sun) 在太阳表面层(即光球上)所见的作环流运动的气体圈。

(星系)并合 merger (of galaxies) 两个星系碰撞形成新星系的结果。

(星系)晕 halo (of galaxy) 星系的外围区域，少量恒星和星团在其中呈球形分布。

(宇宙的)大尺度结构 large-scale structure (of the universe) 几亿光年尺度的宇宙结构，其中包含星系团。

X射线 X-rays 高能电磁辐射，它的光子具有介于紫外辐射和 γ 射线之间的波长。

γ 射线 gamma rays 电磁辐射中最高能的形式。

暗能量 dark energy 能够导致宇宙加速膨胀的能量。

暗物质 dark matter 宇宙中的神秘成分，它具有质量因而有引力，但是不发射能在电磁波谱上检测到的光线。

白矮星 white dwarf 恒星耗尽其核燃料后坍缩了的最后阶段，靠剩余的热量发光。

本星系群 Local Group 由银河系及其最近的相邻星系组成的星系集群。

波段 waveband 电磁波谱的宽广区域，例如紫外波段、X射线波段和光学波段。

博克球状体 globules (Bok) 星际空间内小的、圆的、暗黑的气体尘埃云。

不规则星系 irregular galaxy 没有明显对称形态的星系，不属于旋涡星系和椭圆星系这两类。

超巨星 supergiant 恒星演化的一个阶段。超巨星是大质量恒星，它能膨胀到太阳的几千倍之大。

超新星 supernova 宇宙中最明亮和最剧烈的事件之一，当恒星爆发时发生。I型超新星发生于双星系内的白矮星吸积物质。II型超新星起因于大质量恒星生命结束时的爆缩。

超星系团 super-cluster 几个星系团的集群，它跨越巨大的空间区域，但不一定由引力束缚在一起。

尘埃 dust 存在于星际或行星际空间的固体物质的微粒。

沉积 sediment 物质微小颗粒的堆积和胶接作用，通常由湖泊和海洋的侵蚀造成。

臭氧 ozone 类地球行星上大气内的一个气体层，在地面以上几十千米高度，在那里来自太阳的紫外辐射被吸收。

磁场 magnetic fields 与磁化物体相联系的空间区

域，其中能探测到磁力。

磁极 magnetic poles 磁体(例如地球)上的两点，其上磁力线的密度最大。

大爆炸理论 Big Bang theory 描述宇宙爆炸的宇宙学理论，假定宇宙是在一爆发事件中开始的。

大气外生物学 exo-biology 研究可能在其他地方存在的生命。

等离子体 plasma 完全或部分电离的气体。

地壳 crust 类地行星外缘表面层。

地幔 mantle (of Earth) 地球内部的一层，位于地核之上、地壳之下。

电磁波谱 electromagnetic spectrum 具有波长、频率或能量特征的光线的全部区域。实例包括X射线、紫外光和可见光。

电磁辐射(光线) electromagnetic radiation or light 由通过电磁场的波组成。

电子 electron 具有负电荷的亚原子粒子，通常环绕原子核运动。

动量 momentum 物体运动状态的度量，定义为质量与速度的乘积。

多普勒效应 Doppler effect 当光源和观测仪器之间有相对运动时，光线颜色的改变。当火车经过时所听到的汽笛的音调也有类似效应。

分子云 molecular cloud 大都由氢分子构成的冷而稠密的星际云。

浮土 regolith 覆盖在月球表面的一层细小的岩石碎屑。

辐射 radiation 通常指电磁波的辐射，例如可见光、红外线、紫外线等。

光年 light year 光在真空中历时1年传播所经过的距离。1光年等于94600亿千米(58800亿英里)。

光球 photosphere 太阳大气的一层，可见光从中发出射向太空。

光子 photon 光能的离散性份额。

广义相对论 general relativity (theory of) 由阿尔伯特·爱因斯坦于20世纪早期发展的理论，涉及引力、加速度和空间结构。

轨道 orbit 天体环绕另一天体或质点运行的轨迹。

哈勃定律 Hubble law 描述观测到的星系退行速度与它到我们的距离之间关系的定律。

河外 extra-galactic 银河系外的任何事物。

核的 nuclear 指原子核的。

核心 nucleus 由质子和中子组成的重的中心部分，它有一个或多个电子环绕；也用于指星系的中心区域。

褐矮星 brown dwarf 比行星大，但质量尚小，不足以在其核心引发氢核聚变反应而成为一颗恒星。褐矮星是“死亡了的恒星”。

黑洞 black hole 天体或空间区域,其引力极其强大,以致没有任何事物(甚至光线)都不能够逃逸。

恒星 star 以本身产生的能量发光的、高度密集的球形气体天体。

恒星演化 stellar evolution 恒星在时间进程中结构和性质上的变化,通常经历几百万年。

红巨星 red giant 具有高光度、低表面温度和大表面积的巨大而低温的恒星。

红外辐射 infrared radiation 电磁波的一个波段,正在可见光波段的红端之外。

红移 redshift 相对我们退行的遥远星系发射的光线向长波一方漂移的现象。

化合物 compound 能分解成为元素的物质。

彗星 comet 主要由尘埃和冰组成的小天体,在椭圆轨道上环绕太阳运行。当彗星接近太阳时,其中一些物质挥发出来形成长长的彗尾。

火山 volcano 从行星或卫星的地壳下面向地表涌出岩浆的喷发现象。

火山口 vent 行星地壳上的一个洞或开口。

激光器 laser 把特定波长上的光信号放大成为相干射束的器件。

极光 aurora 当来自太阳风的荷电粒子进入地球两极上空大气时产生的光幕,也常称为北极光和南极光。

交食 eclipse 太空中当一个天体经过另一天体前方时发生的事件。

角直径 angular diameter 一个天体从远处看去其直径的张角。

金属 metals 除氢或氦以外的元素。在涉及行星时,这一术语指导电性良好的物质,如铁、锡等。

巨洞 void 超星系团之间的空间区域,其内没有亮物质。

巨星 giant (star) 恒星生命中的一个演化阶段,这时恒星的核心已耗尽其用于核聚变的氢补给。结果恒星可能膨胀到太阳大小的10~100倍。

雷达 radar 把无线电波发向一个物体,然后检测从这个物体反射回来的辐射的技术。

类地行星 terrestrial planet 主要由岩态和金属组成的行星。地球、金星和火星都是类地行星。

类星体 quasar 强烈活动的星系的核心,外观类似恒星,但位于极为遥远的河外星系。

脉冲星 pulsar 拥有强磁场的自转中子星,磁场加速并喷射高能粒子。它发出的辐射在地球上作为短促而规则的射电脉冲被接收到。

梅西耶 (Messier, 星表的名字,例如M31) 由夏尔·梅西耶(Charles Messier)于18世纪晚期编制的星云、星团和星系的表。

密度 density 包含于一定体积内的质量的度量。

排气 outgassing 由于火山活动向行星大气排放的气体。

盘 disc 由气体(还可能和尘埃)形成的扁平的旋转结构。

谱线 spectral line 光在特定波长上的辐射,由于原子的能量被发射或吸收所产生。

前身星 progenitor star 作为超新星爆发之前的恒星。

侵蚀 erosion 由于水、风、冰等的作用所致地质特征的磨损。

球状星团 globular cluster 成千上万颗,有时几百万颗受引力束缚的恒星的集群,位于星系晕内。

热核能 thermonuclear energy 粒子受加热获得高速而相遇产生的结果。

日珥 prominence 从太阳光球层上面的活动区抛射的环状或片状发光气体。

日冕 corona 稀薄而炽热的太阳外层大气。

日冕物质抛射 coronal mass ejection 数十亿吨气体从太阳向太空喷发的暂现事件。

日冕仪 coronagraph 用于阻挡恒星中央部分的光线,使周边区域能够看到的仪器。

日食 solar eclipse 月球对于太阳的掩食,由于月球在太阳前面经过引起。

日震学 helioseismology 太阳震荡的研究。

溶剂 solvent 能够溶解或分解另一物质的液体。

弱相互作用大质量粒子 WIMP (weakly interacting massive particles) 可能构成宇宙中部分不可见暗物质的假设的粒子。

色球 chromosphere 太阳的低层大气,位于光球与日冕之间。

射电望远镜 radio telescope 用于收集和检测射电波段辐射的仪器。

摄谱仪 spectrograph 与望远镜连接,拍摄光谱像的仪器。

视界 event horizon 在黑洞和外部世界之间标志无返回点的边界。

双星 binary star 受引力束缚在一起相互绕转的两颗恒星。许多恒星是在双星系统里。

速度 velocity 在某一时间间隔内经过一段距离,其间的速率和方向。

太阳风 solar wind 从太阳大气层以高速逃逸,吹向太阳系的带电粒子流。

太阳黑子 sunspot 太阳表面上温度较低的暂现区域,在周围较热区域的反衬下它显得暗黑。

太阳系外行星 extra-solar planet or exo-planet 环绕太阳以外的恒星运行的行星。

特超新星 hypernova 比超新星爆发规模更大的极大质量恒星的爆发。

椭圆星系 elliptical galaxy 形状呈椭圆形的星系。椭圆星系缺乏大量星际气体,而且大部分由较年老和较红的恒星组成。

外流 outflow 从恒星或星系向外的气体和粒子流。

微生物 microorganism或microbe 小得只能用显微镜才能看清的生命体。

温度 temperature 物体冷热程度的度量;这是物质内微观粒子随机速度平均值的度量。

吸积 accretion 质量的逐渐增大,例如当恒星通过稳定地积聚气体而形成时。

吸积盘 accretion disc 向诸如大质量恒星或黑洞盘旋着下落的物质盘。

小行星 asteroid 太空中小的岩态天体。

新星 nova 由于爆发事件在某一时间内亮度增大的“新的恒星”（通常是一颗白矮星）。

星暴 starburst 一个星系或星系内的一个区域，那里恒星以极高的速率形成。

星风 stellar wind 从恒星以高速吹出的气态物质的外流。

星际介质 interstellar medium 太空中恒星之间气体和尘埃的混合物。

星团 star cluster 相互受引力束缚而结成的恒星集群。

星系 galaxy 千百亿受引力束缚的星系加上气体和尘埃的集群。

星系吞食 galactic cannibalism 较大星系消化较小星系的并合现象。

星云 nebula 太空中的气体尘埃云。

星座 constellation 在地球上划分的恒星的群落，往往以古代神话的人物或动物命名。

行星 planet 环绕恒星运行的（岩态或气态）大天体。

行星状星云 planetary nebula 红巨星向外抛出的外层，所扩散的广度等于整个太阳系的大小。

旋臂 spiral arms 从某些星系的中心区域向外缠绕，包含年轻恒星和星际物质的结构。

旋涡星系 spiral galaxy 其中大部分气体和恒星在一个展开旋臂结构的扁平盘内的一种星系。我们的银河系是一个旋涡星系。

压力 pressure 分布在一给定面积上的力。

亚原子粒子 subatomic particle 与原子的大小相比更小的任何一种粒子。

耀斑 flare 发生在太阳活动区或其附近的爆发事件。

银河 Milky Way 环绕在夜空上的光带，由于恒星和星云几乎都位于银河系的银盘内所致。

引潮力 tidal force 一个天体受到的另一较大天体的引力在其通体不同。结果能使较小天体形变。

引力 gravity 有质量天体之间的相互吸引；质量越大引力作用就越强。

引力波 gravitational waves 广义相对论预言引力波

以光速传播，使空间扭曲。

引力透镜 gravitational lens 太空中天体间正好连成一线，其中一个通过引力弯曲另一个的光线，使它产生多个像。

宇宙 universe 空间、时间、物质和能量的总和。

宇宙暴胀 inflation (universe) 对于极早期宇宙假设的一个阶段，认为这时空间在极短时间内极度膨胀。

宇宙微波背景辐射 CMBR (cosmic microwave background radiation) 与宇宙的大爆炸起源有关的遗留的光辉。它作为来自空间各方向的微波辐射，被均匀地探测到。

宇宙线 cosmic rays 诸如电子和质子等以接近光速在太空穿行的粒子。

宇宙学 cosmology 从整体上研究宇宙结构和演化的学科。

元素 element 不能通过化学过程使之分解为更简单物质的物质。

原恒星 proto-star 气体和尘埃集结成的物质团块，恒星将从中产生。

原行星 proto-planet 形成过程中的行星。

陨星 meteorite 流星在通过大气层后没有烧尽，在击中地面后的剩余物。

造父变星 Cepheid variable 明亮的脉动变星的一种，其亮度有周期性的变化。它的光变周期与真光度有关，使它能用于测定天文距离。

质量 mass 一个物体内物质多少的量度。

质子 proton 与电子的电荷相反的亚原子粒子，但是有大得多的质量。

中微子 neutrino 以光速或接近光速传播的粒子，没有电荷，质量很小或没有质量。

中子 neutron 质量与质子相近，但没有电荷的亚原子粒子。

中子星 neutron star 一种密度极大的恒星，几乎完全由中子构成。

重元素 heavy elements 氢和氦以外的其他元素。

紫外辐射 ultraviolet radiation 正好在可见光波段之外的电磁辐射波段，相应的波长稍短于蓝光。

索引

各条目以拼音为序。斜体字页码表示条目出现在图注。

10米凯克望远镜(夏威夷) 125, 150, 170
2dF星系红移巡天 154 ~ 156
2微米全天巡天计划(2MASS)卫星 124, 158
3C273(类星体) 128, 132
CMEs(日冕物质抛射) 90 ~ 92, 94
COBE(宇宙微波背景探测器) 76, 80, 120
C型太阳耀斑 90
ESO 510-G13星系 115
HD 192163(恒星) 83
HD 70642(恒星) 50
Ia型超新星 160, 163, 163 ~ 164, 164
IC2163星系 110, 110
II型超新星 163
LISA(空间激光干涉仪天线) 180 ~ 181
M82星系 109
MS1054-0321星系团 154
M型太阳耀斑 90
N49(恒星) 107
NASA(美国宇航局)
阿波罗12号宇宙飞船 42
钱德拉卫星 85, 96, 107, 125, 127, 130, 130 ~ 133, 153, 156, 165
克里门汀号宇宙飞船 34, 38
哥伦比亚号纪念站(火星) 13, 17
哥伦比亚号航天飞机 174
康普顿 γ 射线天文台 148
宇宙微波背景探测器 76, 80
伽利略号轨道飞船 25, 26, 27, 30, 32, 35
全球勘探者号宇宙飞船 16, 18, 18, 23
激光驱动帆 182
空间激光干涉仪天线(LISA) 180 ~ 181
月球勘探者号探测计划 34 ~ 38
机遇号自动探测器 17
SOHO(太阳和太阳风层天文台)宇宙飞船 86, 90, 90, 92
空间红外望远镜 64
勇气号自动探测器 13, 17, 17
星尘号宇宙飞船 38
类地行星搜寻者 179, 180
2微米全天巡天计划(2MASS)卫星 124, 158
海盜号宇宙飞船 16
威尔金森微波各向异性探测(WMAP) 77, 80, 78, 81
NGC1068星系 130, 133
NGC1505星系 74

NGC1512星系 75
NGC1705星系 74
NGC2207星系 110, 111
NGC2300星系 144
NGC3603星系 54
NGC4214星系 73
NGC4438星系 133, 134
NGC4526星系 161
NGC4603星系 69
NGC4676星系 110
OWL(特大型望远镜) 174 ~ 175, 175
R136星系团 150
S2(恒星) 125
SIRTF(空间红外望远镜) 64
SNO(萨德伯里中微子天文台) 146, 147
SOHO(太阳和太阳风层天文台)宇宙飞船 86, 90, 90, 92
TRACE卫星(太阳过渡区与日冕探测器) 89
WIMPs(弱相互作用大质量粒子) 145, 146
X型太阳耀斑 90
 γ 射线暴 148 ~ 153

A

阿贝尔1689星系 142, 145
阿贝尔2218星系 73
阿波罗12号宇宙飞船 42
阿尔伯特·爱因斯坦 73, 180
阿特金盆地(月球) 34
矮星 100, 101, 104, 142, 163, 163
矮星系 74
爱德温·哈勃 76, 160
埃拉托色尼环形山(月球) 42
暗能量 80 ~ 81, 139, 160, 164
暗物质 80 ~ 81, 139, 140 ~ 146

B

白矮星 100, 101, 104, 163, 163
半人马A星系 129
半人马 α 184
宝瓶座 47, 100
贝波·萨克斯卫星 149 ~ 150
笔状星云 84
波江 ϵ (恒星) 51
伯纳德68 62
博克球状体 59
不规则星系 66

C

长城星系群体结构 156
超新星 104, 104 ~ 107, 107,

124, 161, 163, 163 ~ 165, 165
臭氧层 95
船底 η (恒星) 153
船底星云 8
磁层(木卫二) 26
磁场
木卫二 26
木卫三 32
恒星 62
太阳 86 ~ 86, 95

D

达尔文(探测)计划 179, 178 ~ 180
大爆炸理论 9, 74, 76, 80, 78
大麦哲伦云 57
地球 50
气候变化 94 ~ 95
冲沟 18 ~ 22
地球上的生命 22
海洋表面下的条件 31
地球上的水 15, 14, 16
第谷·布拉赫 165
蒂尔环形山(木卫二) 28
杜鹃47(恒星) 141
对流运动 92 ~ 94
多普勒技术 45, 51

F

飞马51(恒星) 45
分子云 59, 62
风车星系 152
辐射 10, 18, 32, 76, 80, 95, 128

J

伽利略·伽利莱 25
伽利略号轨道飞船 25, 26, 27, 30, 32, 35

G

干涉测量 178
哥伦比亚号航天飞机 174
哥伦比亚纪念站(火星) 13
格利斯876(恒星) 47
各电磁波段的测绘 34
古谢夫环形山(火星) 13, 16 ~ 17
光速 9 ~ 10, 45, 66
光速 9 ~ 10, 45, 66
广义相对论 73, 180
广义相对论 73, 180
国际空间站 90

H

哈勃空间望远镜(HST) 6, 8, 55, 59, 170, 174, 174

阿贝尔1689星系 142
仙女星系 136
星系碰撞 111
 γ 射线暴 150
螺旋星云 104
马头星云 53
幼年星系 66 ~ 69, 108
NGC1705星系 74
NGC4438星系 133, 134
NGC4676星系 110
外流和喷流 62 ~ 64
类星体 128
超新星 161
天鹅星云 59
剑鱼30星云 150
麒麟V838 (恒星) 100, 100
海盗号宇宙飞船 16
海王星 50
褐矮星 142
黑洞 6, 85, 107, 125, 126, 127, 130 ~ 134, 134
恒星 97
御夫AB 44
半人马 α 恒星系 184
恒星产生 56 ~ 65
恒星死亡 97 ~ 107
波江 ϵ 51
船底 η 153
“死亡恒星” 142
飞马51 45
巨蟹55 46 ~ 50
杜鹃47 141
格利斯876 47
HD706 42, 50
HD192163 83
拉朗德21185 51
N49 107
手枪星 124
S2 125
鲸鱼 79 46
仙女 ν 46, 51
麒麟V838 100, 100
沃尔夫-拉叶 124, 104
后发星系团 142 ~ 145
环状星系 114
彗星
威尔德彗星 2, 38
对月球的撞击 40
火星
小行星撞击 25
哥伦比亚号空间站 13
ESA的火星快车 (探测) 计划 11
全球勘探者号宇宙飞船 16, 18, 22
火星上的永久基地 168
火星上的水 6, 15, 16 ~ 22
火星全球勘探者号 16, 18, 22
霍格天体 114, 114

J

机遇号自动探测器 17

激光驱动帆 182 ~ 184
剑鱼30星云 150
剑鱼座 107
金牛座 59
金星 45, 97
鲸鱼79 (恒星) 46
鲸鱼座 46
巨蛇座 115
巨蛇座 59, 114
巨吸引子 156
巨蟹55 (恒星) 46 ~ 50

K

卡西尼号宇宙飞船 32
开普勒 (探测) 计划 50
坎多深谷 (火星) 16
康普顿 γ 射线天文台 148
克里门汀号宇宙飞船 34, 38
空间干涉探测仪计划 50
空间红外望远镜 (SIRTF) 64
空间激光干涉仪天线 (LISA) 180 ~ 181
空间天气 86

L

拉朗德2185 (恒星) 51
类地行星搜寻者 179, 180
类地行星探测计划 50
类星体 128 ~ 135
3C273 128, 132
冷暗物质 158
猎户座 40, 59, 150
螺旋星云 100 ~ 101, 104

M

马阿丁谷 (火星) 17
马头星云 53
脉泽 51
木卫二 24, 27, 30
小行星撞击 25
普维尔夫环行星 28
木卫二上的水 15, 25 ~ 33
木卫三 30 ~ 32
木卫四 32
木卫一 28
木星 7, 32, 45 ~ 46, 50
木卫四 32
木卫二 15, 24, 25 ~ 33
木卫三 30 ~ 32
木卫一 28
木星的卫星 6, 24
小行星撞击 25
木卫四 32
木卫二 15, 25 ~ 33
木卫三 30 ~ 32
木卫一 28
牧夫巨洞 156

N

南方平原高地 (火星) 17

O

欧洲航天局 (ESA)
达尔文 (探测) 计划 179, 178 ~ 180
空间激光干涉仪天线 (LISA) 180 ~ 181
火星快车号探测器 11
普朗克号宇宙飞船 81
斯马特1号月球探测器 38
SOHO (太阳和太阳风层天文台) 宇宙飞船 86, 90, 90, 92
欧洲南方天文台 (ESO) 6, 62, 73, 125, 170
特大型望远镜 (OWL) 174 ~ 175

P

泡状星云 97
喷流 62 ~ 64
频谱仪 45, 51
普朗克号宇宙飞船 81
普维尔夫环行星 (木卫二) 26 ~ 28

Q

其他行星上的生命征兆 15 ~ 50, 180
麒麟V838 (恒星) 100, 100
麒麟座 59
气候变化 94 ~ 95
钱德拉卫星 85, 97, 107, 125, 127, 130, 130 ~ 133, 153, 156, 165
青鸟望远镜 (夏威夷) 108, 115
曲率 81
全球勘探者号宇宙飞船 16, 18, 23

R

热暗物质 158
人马座 124, 124
日冕物质抛射 (CMEs) 90 ~ 92, 94
日冕仪 128
日震学 94
瑞典真空太阳望远镜 (加那利群岛) 89, 92
弱相互作用大质量粒子 (WIMPS) 145 ~ 146

S

萨德伯里中微子天文台 (SNO) 146, 147
塞德娜 184, 184
狮子座 138
室女星系团 154
室女座 134
手枪星 124
双子座北方望远镜 (夏威夷) 171
水手9号宇宙飞船 16
水手谷 (火星) 16
水星 32, 46, 97
斯马特1号月球探测器 38

T

太阳 6, 34, 45, 50, 85, 86 ~ 95, 146
太阳帆 182 ~ 185, 185
太阳黑子 89 ~ 90, 92
太阳系外行星 45 ~ 51
太阳耀斑 89 ~ 90
太阳周 86 ~ 89
特超新星 150 ~ 152
特深天区 73
天鹅星云 59
天王星 50
土星 45, 50
椭圆星系 66

W

外流 62 ~ 64
望远镜 10, 55, 62, 124, 178 ~ 180
欧洲南方天文台 (ESO, 智利) 7, 62, 73, 125, 170, 174 ~ 175, 175
双子座北方望远镜 (夏威夷) 171
哈勃空间望远镜 (HST) 6, 8, 53, 55, 59, 59, 62 ~ 64, 66 ~ 69, 74, 100, 100, 104, 109, 110, 111, 128, 142, 150, 150, 160, 170, 174, 174
詹姆斯·韦伯空间望远镜 167, 174
凯克10米望远镜 (夏威夷) 125, 150, 170
巨型望远镜 170 ~ 177
特大型望远镜 (OWL) 174 ~ 175, 175
青鸟望远镜 (夏威夷) 109, 115
瑞典真空望远镜 (加那利群岛) 89, 92
威尔金森微波各向异性探测 (WMAP) 77, 80, 78, 81
卫星 92, 95
贝波·萨克斯卫星 149 ~ 150
钱德拉卫星 85, 96, 107, 125, 127, 130, 130 ~ 133, 153, 156, 165
COBE (宇宙微波背景探测器) 76, 80, 120
2微米全天巡天计划 (2MASS) 卫星 124, 158

X

涡状星系 67
沃尔夫-拉叶 124 104
希克逊40星系 115, 115
仙女v (恒星) 46, 51
仙女星系 10, 116, 136
小步舞星系 155
小犬座 110
小行星撞击
木卫二 25, 26 ~ 28
火星 25

月球 26
蟹状星云 104
星暴星系 74
星际介质 56, 59
星系 6 ~ 9, 55
阿贝尔1689 142, 145
阿贝尔22 18 73
仙女星系 10, 116, 136
半人马A 129
相互碰撞 108 ~ 119
矮星系 66 ~ 75
ESO 519-G13 115
长城 156
希克逊40星系 115, 115
霍格天体 114, 114
IC2163 110, 111
大麦哲伦云 57
M82 109
银河系 6, 59, 69, 85, 101, 116, 120 ~ 127, 120, 127, 134, 140 ~ 142, 154
小步舞 155
NGC2300 144
NGC300 7
NGC1068 130, 133
NGC1505 74
NGC1512 75
NGC1705 74
NGC2207 110, 111
NGC4214 73
NGC4438 133, 134
NGC4526 161
NGC4603 69
NGC4676 110
风车星系 152
涡状星系 67
星云 59, 100
泡状星云 97
船底星云 8
礁状星云 59
蟹状星云 104
鹰状星云 59
螺旋星云 100 ~ 101, 104
马头星云 53
NGC3603星云 54
猎户3603星云 40
笔状星云 84
天鹅星云 59
剑鱼30星云 150
星座
宝瓶座 47, 100
小犬座 110
鲸鱼座 46
蝎子座 59
剑鱼座 107
长蛇座 115
狮子座 138
麒麟座 59
猎户座 40, 59, 150
人马座 124, 124

巨蛇座 59, 114
金牛座 59
室女座 134
旋涡星系 66

Y

蝎子座 59
耀斑 89 ~ 90
银河系 6, 59, 69, 85, 101, 116, 120 ~ 127, 120, 127, 134, 140 ~ 142, 154
引力
黑洞的引力 126
引力与“暗能量” 81
木卫二 28
太阳系外行星 45, 46
星系 66, 145
火星 18
分子云与引力 59
恒星与引力 97, 110
引力透镜 73, 145
英格兰约克郡布尔比矿 146
鹰状星云 59
勇气号自动探测器 13, 17, 17
宇宙
宇宙膨胀 160 ~ 165
宇宙起源 76 ~ 81
宇宙结构 158
宇宙巡天 154 ~ 156
宇宙微波背景探测器 (COBE) 76, 80
御夫AB (恒星) 44
原星系 69
原行星盘 64
原子 80
月球 35, 38
小行星撞击 26
彗星撞击 40
埃拉托色尼环形山 42
月球上的冰 33 ~ 34
月球探测器号探测计划 34 ~ 38
月球上的水 15
月球探测器号探测计划 (1998) 34 ~ 38
陨星 40

Z

造父变星 69
詹姆斯·韦伯空间望远镜 167, 174
中微子 145 ~ 146, 147, 158
中子星 107, 152
锥状星云 59
作为生命征兆的水 15 ~ 43

致谢

图片致谢

缩写词: ACS (巡天先进照相机); APOD (白天的天文图片); ASU (亚利桑那州立大学); AURA (大学天文学研究协会); Caltech (加州理工学院); CXC (钱德拉X射线中心); DLR (德国航空航天研究所); ESA (欧洲空间局); ESO (欧洲南方天文台); FU (自由大学); GSFC (戈达德航天中心); IAEF (波恩大学天体物理和地外探索研究所); IPAC (红外处理和分析中心); JHU (约翰·霍金斯大学); JPL (喷气推进实验室); MIT (麻省理工学院); MLO (拉古那山天文台); MSSS (马林空间科学系统); NAOJ (日本国家天文台); NASA (美国宇航局); NOAO (国立光学天文台); NRAO (国立射电天文台); NRL (航海研究实验室); NSF (国家科学基金); PIRL (行星照相研究实验室); PPARC (粒子物理学和天文学研究理事会); SAO (史密松天体物理台); SDSU (南达科他州立大学); SNO (萨德伯里中微子天文台); STScI (空间望远镜科学研究所); UCO/LO (加利福尼亚大学天文台/立克天文台); UCSB (加利福尼亚大学圣巴巴拉分校); UIUC (位于欧班那平原的伊利诺伊大学); 2MASS (2微米全天巡天计划); VLA (甚大阵); WMAP (威尔金森微波各向异性探测)。

2 NASA/Hubble Heritage Team, STScI; 5 同32; 7 承蒙 APOD/M Schirmer 惠予刊登, IAEF/W Gieren, Concepcion 大学, 智利/ESO; 8-9 科学照相实验室/STScI/NASA; 11 ESA/DLR/G Neukum, FU 柏林; 12-13 NASA/JPL/Comell; 14 NASA/GSFC/图片由 Reto Stöckli 提供, 由 Robert Simmon 深化处理; 16-17 NASA/JPL/Comell; 18-19, 20, 21 NASA/JPL/MSSS; 23 科学照相实验室/NASA; 24 NASA/JPL/US 地质巡天; 27 NASA/JPL/DLR; 28 NASA/JPL/亚里桑那大学; 29 科学照相实验室/NASA; 30 NASA/JPL/PIRL/亚里桑那大学; 32-33 NASA/JPL/STScI; 35, 36-37 NASA/JPL/US 地质巡天; 38-39 NASA/JPL; 40-41 NASA/STScI/C R O'Dell 和 S K Wong, 赖斯大学; 42 NRL; 43 科学照相实验室/NASA; 44 科学照相实验室/STScI/NASA; 46-47 NASA/STScI/G Bacon; 48-49 PPARC/David A Hardy, 天体艺术组织; 52-53 NASA/JPL/NOAO/ESA/STScI 和哈勃遗产小组; 54 科学照相实验室/STScI/NASA; 56-57 NASA/STScI/ESA/M Romaniello, ESO; 58 NASA/STScI/ESA/J Hester, ASU; 60-61 NASA/M Clampin, G Hartig, STScI/H Ford, JHU/G Illingworth, UCO/LD/ASC 科学小组/ESA; 62-63 ESO; 64-65 科学照相实验室/Mark Garlick; 67 NASA/STScI; 68-69 科学照相实验室/STScI/NASA; 70-71 NASA/STScI/ESA/R Thompson, 亚里桑那大学; 72-73, 75 科学照相实验室/STScI/NASA; 77, 78-79 NASA/GSFC/WMAP 科学小组; 82-83 X-射线; NASA/UIUC/Y Chu 和 R Gruendel, 光学的 SDSU/MLO/Y Chu 等; 84 NASA/A Fujii, D Malin, David Malin 图片/STScI/哈勃遗产小组; 87 NASA; 88-89 NASA/GSFC; 90-91 科学照相实验室/NASA; 92-93 瑞典皇家科学院/太阳物理研究所; 95-96 NASA; 97 X射线; NASA/CXC/Rutgers/J Warren 等, 光学的 NASA/STScI/UIUC/Y Chu; 98-99 科学照相实验室/STScI; 100-101 NASA/H E Bond, STScI/ESA; 102-103 NASA/NOAO/ESA/哈勃螺旋星云小组/M Meixner, STScI/T A Rector, NRAO; 104-105 NASA/CXC/J Hester 等, ASU; 106-107 ASA/JPL/STScI, 哈勃遗产小组; 109 青鸟望远镜/NAOJ, 保留全部权利; 110-111 NASA/STScI, 哈勃遗产小组; 112-113 NASA/M Clampin 和 G Hartig, STScI/H Ford, JHU/G Illingworth, UCSC/LO/ACS 科学小组, ESA; 114 NASA/STScI, 哈勃遗产小组, ESA; 115 青鸟望远镜, NAOJ, 保留全部权利; 116-117, 118-119 NASA/F Summers, STScI/C Mihos, 凯斯西部保留地大学/L Hernquist, 哈佛大学; 120-121 NASA/JPL/2MASS; 122-123 NASA/Caltech/IPAC/2MASS; 124 NASA/Don Figer, STScI; 125 X射线 (蓝色) NASA/CXC/Northwestern/F Zadeh 等, (绿色) Nobeyama/M Tsuboi, (红色) NRAO/VLA F Zadeh 等; 126-127 NASA/CXC/MIT/F K Baganoff 等; 129 X射线: NASA/CXC/M Karovska 等; 射电 21 厘米图像 NRAO/VLA J Van Gorkom/Schminovich 等, 射电连续图像 NRAO/VLA/J Condon 等, 光学数字空间巡天, 英国施密特望远镜/STScI; 130-131 NASA/CXC/MIT/UCSB/P Ogle 等, 光学 NASA/STScI/A Capetti 等; 132 NASA/CXC/SAO/H Marshall 等; 134-135 科学照相实验室/STScI/NASA; 136-137 NASA/ESA/T M Brown, STScI; 138 NASA/哈勃遗产小组/A Riess, STScI; 141 科学照相实验室/STScI; 142-143 NASA/N Benitez, H Ford, JHU/T Broadhurst, 拉卡赫物理研究所, 耶路撒冷希伯来大学/M Clampin, G Illingworth, UCO/LO/ACS 科学小组/ESA; 144 ESA/NASA/Jean-Paul Kneib, 南方比利牛斯天文台/Caltech; 147 SNO/贝克莱劳伦斯国家实验室; 148 约翰·罗维动画工作室/焦德雷班克天文台, 曼彻斯特大学; 150-151 Corbis/STScI/NASA/Ressmeyer; 153 NASA/CXC/SAO/哈勃空间望远镜; 155 科学照相实验室/STScI/NASA; 156-157 NASA/CXC/ESO; 158-159 NASA/2MASS; 161 科学照相实验室/STScI/NASA; 162-163 NASA/CXC/M Weiss; 165 NASA/CXC/SAO; 166-167 ESA; 168 NASA/John Downman of John Frassanito 和合作者; 170-171 NOAO/AURA/NSF; 172-173 NASA; 176 ESO; 179 ESA 2002, 由 Medialab 说明; 181 NASA/JPL; 183 科学照相实验室/STScI/NASA; 185 Michael Carroll/行星学会。

作者致谢

作者非常感谢维恩·安特维以及米切尔·比兹利出版社的同仁, 感谢他们的努力和耐心。没有美国宇航局和欧洲空间局的卓越设备, 本书不可能面世。



一本了解宇宙奇观的最佳指南

——英国《好书导览》杂志

VISIONS OF THE UNIVERSE THE LATEST DISCOVERIES IN SPACE REVEALED

太阳系内除了地球之外的地方是否存在水？太阳系内是否存在地外生命？我们通过精美的图像已经发现木卫和火星可能存在过液态水，这对我们深入了解在其他行星上存在生命的可能性有何帮助？

在本书中，普林斯博士从说明以上问题开始，结合美国宇航局、欧洲空间局和欧洲南方天文台拍摄的最新图像，以引人入胜、通俗易懂的方式，介绍了关于宇宙起源、宇宙中一些最剧烈的过程（包括恒星的死亡历程）的最新探测结果，对我们暂时观测不到的“暗物质”进行了深入探索，并且阐释了目前科学家们关于宇宙的内涵、结构和终极命运的最新认识。

本书中精美的、最新的图像来自于各种最先进的地面望远镜和空间设备，例如哈勃空间望远镜、伽利略号宇宙飞船、卡西尼号宇宙飞船和在火星着陆的探测器。这些图像记录了宇宙舞台中令人目眩神迷的壮观场景和摄人心魄的活动过程，其中有迄今为止最为精细的太阳图像，而且有些能证实特大质量黑洞确实存在。

责任编辑：戴涛 吴炜

装帧设计：多米诺设计 咨询：吴颖辉

ISBN 978-7-5357-5162-1



9 787535 751621 >

定价：38.00元